

EXHIBIT A



DECLARATION

Yoshito FUKUSHIMA of 6F ESAKA MITAKA BLDG. 4-1,  
Hiroshiba-cho, Suita-shi, Osaka 564-0052 Japan, hereby  
certify that I am conversant in the Japanese and English  
languages and that the attached translation is a true and  
accurate translation of a certified copy of Japanese Patent  
Application NO. 2003-97303.

Dated this 20th day of October, 2006.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Yoshito".

---

Yoshito FUKUSHIMA



JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this Office.

Date of Application: March 31, 2003

Application Number: 2003-097303

Applicant(s): SANYO ELECTRIC CO., LTD.

October 8, 2004

Commissioner,

Japan Patent Office

Hiroshi Ogawa

Certification No. 2004-3091331

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 【Document Name】                       | Petition for Patent  |
| 【Docket No.】                          | NPA1030010   |
| 【Filing Date】                         | March 31, 2003   |
| 【Address】                             | Commissioner, Patent Office  |
| 【International Patent Classification】 | H05B 33/00<br>G09G 3/30  |
| 【Inventor】                            |  |
| 【Address】                             | c/o Sanyo Electric Co., Ltd., 2-5-5, Keihanhondori, Moriguchi-shi, Osaka |
| 【Name】                                | Kaori SAITO  |
| 【Applicant】                           |  |
| 【Identification No.】                  | 000001889  |
| 【Name】                                | Sanyo Electric Co., Ltd.   |
| 【Attorney】                            |  |
| 【Identification No.】                  | 100098305  |
| 【Patent Attorney】                     |  |
| 【Name】                                | Yoshito FUKUSHIMA  |
| 【Telephone Number】                    | 06-6330-5625   |
| 【Payment of Fees】                     |  |
| 【Prepayment Book No.】                 | 032920   |
| 【Amount to be paid】                   | ¥21,000  |
| 【Attached Documents】                  |  |
| 【Item】                                | Specification 1  |
| 【Item】                                | Drawings 1   |
| 【Item】                                | Abstract 1   |
| 【Identification No. of General Power】 | 0006012  |
| 【Requirement of Proof】                | Yes  |

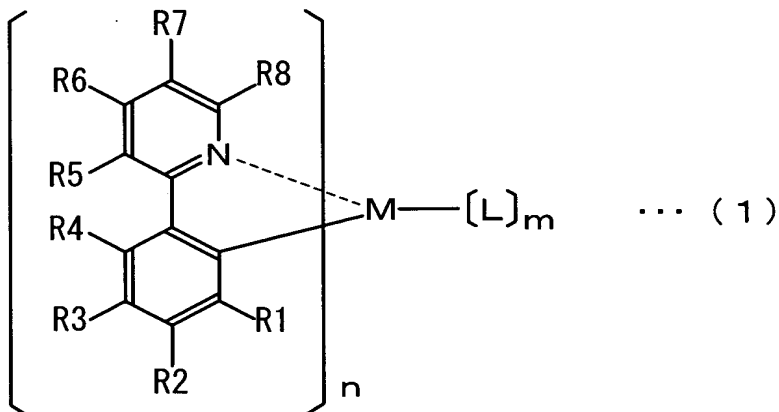
[Document Name] Specification

[Title of the Invention] Compound for Light Emitting Device  
and Organic Light Emitting Device Using the Same

[Scope of Claim for Patent]

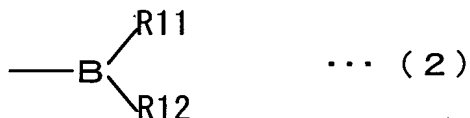
5 [Claim 1] A compound for light emitting device,  
characterized by having a molecular structure expressed by  
the following formula (1), wherein at least one out of R1 to  
R8 is a substituent containing boron; the others are each a  
hydrogen atom or a substituent; L is a ligand; M is a metal;  
10 m represents an integer from 0 to 4; n represents an integer  
from 1 to 3:

[Formula 1]



[Claim 2] The compound for light emitting device as  
15 recited in claim 1, characterized in that said substituent  
is expressed by the following formula (2), wherein R11 and  
R12 are identical to or different from each other, each being  
a hydrogen atom or a substituent:

[Formula 2]



[Claim 3] The compound for light emitting device as recited in claim 2, characterized in that said R11 and R12  
5 are each a mesityl group.

[Claim 4] The compound for light emitting device as recited in any of claims 1 to 3, characterized in that said L is a ligand selected from the group consisting of a halogen ligand, a carboxylic acid ligand, an imine ligand, a  
10 nitrogen-containing heterocyclic ligand, a diketone ligand, a phosphorus ligand, an isocyanide ligand, an ortho carbometallation ligand, a hexafluororinephosphine ligand, a cyclopentadienyl ligand, and a carbon monoxide ligand.

[Claim 5] The compound for light emitting device as  
15 recited in any of claims 1 to 4, characterized in that said L is a ligand selected from the group consisting of a picolinic acid ligand, a salicylic acid ligand, a salicylimine ligand, an acetylacetone ligand, and an ortho carbometallation ligand.

20 [Claim 6] The compound for light emitting device as recited in any of claims 1 to 5, characterized in that said M is a metal selected from the group consisting of iridium,

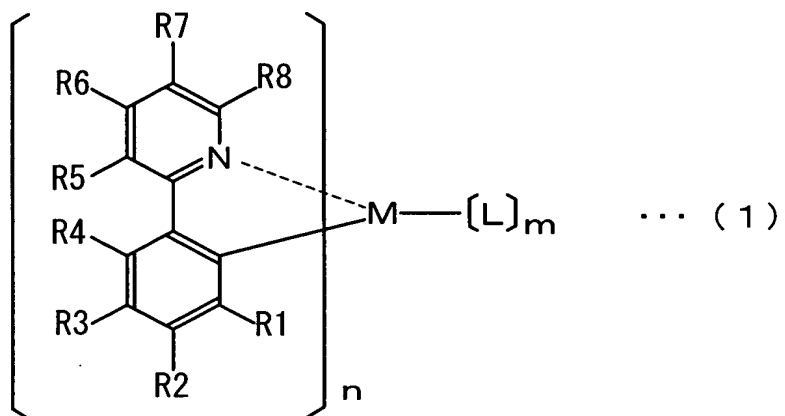
platinum, palladium, rhodium, and rhenium.

[Claim 7] The compound for light emitting device as recited in any of claims 1 to 6, characterized in that said R1 and R3 to R8 are each a hydrogen atom.

5 [Claim 8] An organic light emitting device comprising a carrier transport layer and a light emitting layer between a hole injection electrode and an electron injection electrode, characterized in that

at least one of the carrier transport layer and the  
10 light emitting layer contains an organic compound having a molecular structure expressed by the following formula (1), wherein at least one out of R1 to R8 is a substituent containing boron; the others are each a hydrogen atom or a substituent; L is a ligand; M is a metal; m represents an  
15 integer from 0 to 4; and n represents an integer from 1 to 3:

[Formula 3]



[Claim 9] The organic light emitting device as recited in claim 8, characterized in that

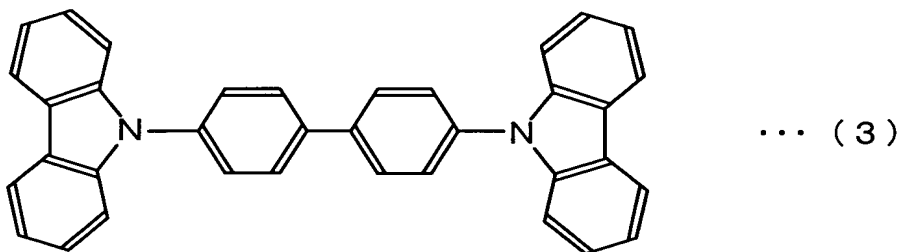
said light emitting layer contains a host material and said organic compound expressed by said formula (1),

5 the content of said organic compound being not less than 0.1% nor more than 30% by weight for said host material.

[Claim 10] The organic light emitting device as recited in claim 9, characterized in that

said host material is  
10 4,4'-N,N'-dicarbazole-1,1'-biphenyl having a molecular structure expressed by the following formula (3):

[Formula 4]



[Detailed Description of the Invention]

15 [0001]

[Technical Field to which the Invention Belongs]

The present invention relates to a compound for light emitting device and an organic light emitting device using the same.

20 [0002]

[Conventional Art]

The organic electroluminescent device (hereinafter abbreviated as an organic EL device) is expected as a new type self light emitting device. The organic EL device has a layered structure including a carrier transport layer (electron or hole transport layer) and a light emitting layer between a hole injection electrode and an electron injection electrode. An electrode material having a large work function such as gold (Au) or ITO (Indium-Tin Oxide) is used for the hole injection electrode, while an electrode material having a small work function such as Mg (magnesium) or Li (lithium) is used for the electron injection electrode.

[0003]

An organic material is used for each of the hole transport layer, light emitting layer, and electron transport layer. A material having the characteristic of p-type semiconductor is used for the hole transport layer, while a material having the characteristic of n-type semiconductor is used for the electron transport layer. The light emitting layer also has carrier transport capability such as electron or hole transport capability, and is made of an organic material emitting fluorescent light or phosphorescent light.

[0004]

The hole injection electrode, hole transport layer, light emitting layer, electron transport layer, and electron



injection electrode are layered in this order to form a device. Note that depending upon organic materials to be used, these functional layers such as the hole transport layer, electron transport layer and light emitting layer may  
5 each include a plurality of layers or some of them may not be provided at all.

[0005]

As examples of such device structures, there may be mentioned: a structure in which only two organic layers, the  
10 light emitting layer and electron transport layer exist between the hole injection electrode and electron injection electrode; a structure in which only two organic layers, the hole transport layer and light emitting layer exist; and a device structure in which only three organic layers, the hole  
15 injection layer, hole transport layer, and light emitting layer exist. The device structure may be adjusted according to the characteristics of the material used for each organic layer.

[0006]

20 The organic EL device can provide a visible light ranging from blue to red by selecting an organic material forming the light emitting layer. Therefore, through the use of organic EL devices emitting respective monochromatic lights of red, green, and blue which are three primary colors  
25 of light (RGB), a full-color display is realized.

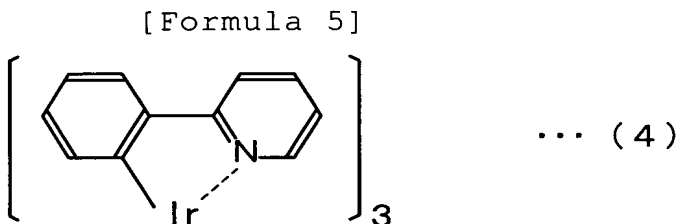
[0007]

By the way, among the red, green, and blue lights obtained by the organic EL devices, green and blue lights are stable.

5 [0008]

M. A. Baldo et al., for example, has reported that the employment of iridium(III)tris(2-phenylpyridinato)-N,C<sup>2</sup> (hereinafter abbreviated as Ir(ppy)<sub>3</sub>) led to the achievement of high efficient luminescent characteristics (see  
10 Non-Patent Document 1). The molecular structure of Ir(ppy)<sub>3</sub> is expressed in the following formula (4):

[0009]



15 [0010]

As expressed in the formula (4), Ir(ppy)<sub>3</sub> is a complex of phenylpyridine and iridium metal, emitting green light.

[0011]

On the other hand, it is difficult to obtain orange-red  
20 light having high luminance and luminous efficiency. This is because there is no solid organic material that effectively emits fluorescent or phosphorescent light of

orange-red color.

[0012]

[Non-Patent Document 1]

M.A.Baldo et al., Applied Physics Letters, Vol. 75, No. 1,  
5 p4, (1999)

[Non-Patent Document 2]

S.Lamansky et al., J. Am. Chem. Soc., 123, 4304-4312 (2001)  
[0013]

[Problems to Be Solved by the Invention]

10 With relation to the above, a method has been proposed  
in which the luminescent wavelength of an organic EL device  
is shifted to a longer wavelength in order to effectively  
obtain an orange-red emission.

[0014]

15 There is, for example, a method in which a heterocyclic  
ring structure with a small energy gap is employed for a  
ligand of a complex forming an emitting material. As for this  
method, a case using an iridium complex having a ligand of  
a derivative, such as benzothiophene or benzothiazole as an  
20 emitting material, has been reported (see Non-Patent  
Document 2). Using this kind of emitting material, a maximum  
luminescent wavelength can be shifted to a longer wavelength.

[0015]

Such an emission spectrum, however, has a broad shape  
25 than the emission spectrum of Ir(ppy)<sub>3</sub> emitting green light.

This may inhibit achievement of an emission color with good purity, causing the emission to extend out of a visible range (near infrared radiation range).

[0016]

5           In addition, there is a method in which a ligand having a fused ring structure is employed for the complex forming a emitting material, so that the  $\pi$  conjugated system is extended to make an energy gap smaller. As for this method, a case using a complex having a ligand of a fused polycyclic  
10 compound, such as benzoquinoline or phenylquinoline as an emitting material, has been reported (refer to Non-Patent Document 2). Using such emitting material, a maximum luminescent wavelength can be shifted to a longer wavelength.

[0017]

15           However, in this case also, the emission spectrum results in a broader shape than the emission spectrum of Ir(ppy)<sub>3</sub> emitting green light. As a result, light of high color purity is not obtained.

[0018]

20           It is an object of the present invention to provide a compound for light emitting device having excellent luminous efficiency while providing excellent color purity, and an organic light emitting device using the same.

[0019]

25           [Means for Solving the Problems and Effect of the

Invention]

In the case where a maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength, the emission spectrum results in a broad shape. When the emission spectrum is in a broad shape, an emission color of good purity is not obtained with the emission extending out of a visible range (near infrared range). Such a broad emission spectrum is accordingly considered to be one cause of the lowered luminous efficiency.

10 [0020]

The present inventors presumed that, as for the emitting material emitting green, by the use of Ir(ppy)<sub>3</sub> employing a ligand having a basic skeleton of phenylpyridine in which another substituent is directly introduced, it may become possible to attain a compound for light emitting device (emitting material) in which the maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength, with the shape of the emission spectrum of Ir(ppy)<sub>3</sub> being maintained.

[0021]

20 In a conventional iridium complex having a ligand in which a substituent of an alkyl group, such as a methyl group, an aryl group, an alkoxy group, a halogen group, or the like is substituted on phenylpyridine, it has not been possible to shift the luminescent wavelength from green to a longer wavelength.

25

[0022]

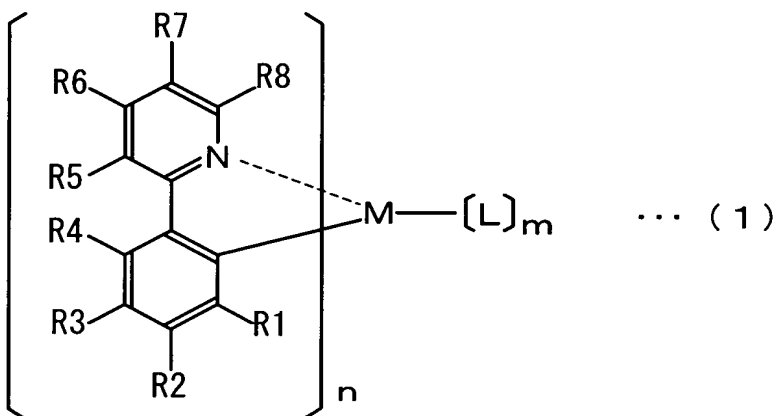
For this reason, the present inventors repeatedly conducted various experiments and examinations, and as a result, reached to the idea of the compound for light emitting device according to the following invention.

[0023]

A compound for light emitting device according to a first invention has a molecular structure expressed by the following formula (1), where at least one out of R1 to R8 is a substituent containing boron; the others are each a hydrogen atom or a substituent; L is a ligand; M is a metal; m represents an integer from 0 to 4; n represents an integer from 1 to 3:

[0024]

15 [Formula 6]



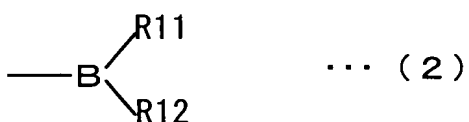
[0025]

In the compound for light emitting device expressed

by the above formula (1), the substituent may be expressed by the following formula (2), where R11 and R12 are identical to or different from each other, each being a hydrogen atom or a substituent:

5 [0026]

[Formula 7]



[0027]

In the substituent containing boron expressed by the above formula (2), the R11 and R12 may each be a mesityl group.

[0028]

In the compound for light emitting device expressed by the above formula (1), L may be a ligand selected from the group consisting of a halogen ligand, a carboxylic acid ligand, an imine ligand, a nitrogen-containing heterocyclic ligand, a diketone ligand, a phosphorus ligand, an isocyanide ligand, an ortho carbometallation ligand, a hexafluororinephosphine ligand, a cyclopentadienyl ligand, and a carbon monoxide ligand.

20 [0029]

In the compound for light emitting device expressed by the above formula (1), L may be a ligand selected from the

group consisting of a picolinic acid ligand, a salicylic acid ligand, a salicylimine ligand, an acetylacetone ligand, and an ortho carbometallation ligand.

[0030]

5           In the compound for light emitting device expressed by the above formula (1), M may be a metal selected from the group consisting of iridium, platinum, palladium, rhodium, and rhenium.

[0031]

10           In the compound for light emitting device expressed by the above formula (1), the R1 and R3 to R8 may each be a hydrogen atom.

[0032]

          In the compound for light emitting device having such  
15 a molecular structure, the metal complex which has high-efficient luminescent characteristics and is relatively stable is employed, while as a ligand for the metal complex, the ligand into which the substituent containing boron is introduced is employed. This prevents the emission  
20 spectrum from spreading over a wide range, thereby attaining excellent color purity. Furthermore, an emission in which the maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength is attained.

[0033]

25           In addition, with the introduction of the substituent



containing boron into the ligand employed in the metal complex, the emission color can be varied, and improved electron transport capability is also attained. This results in excellent luminous efficiency.

5 [0034]

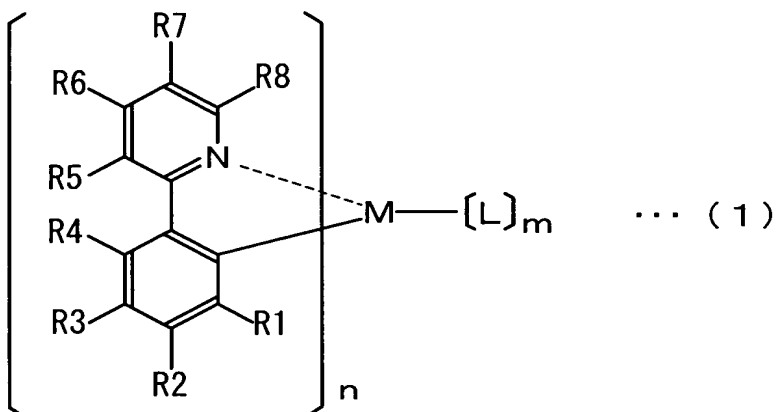
An organic light emitting device according to a second invention comprises a carrier transport layer and a light emitting layer between a hole injection electrode and an electron injection electrode, wherein at least one of the  
10 carrier transport layer and the light emitting layer contains an organic compound having a molecular structure expressed by the following formula (1), where at least one out of R1 to R8 is a substituent containing boron; the others are each a hydrogen atom or a substituent; L is a ligand; M is a metal;  
15 m represents an integer from 0 to 4; and n represents an integer from 1 to 3:

20

25

[0035]

[Formula 8]



[0036]

5            In the organic light emitting device according to the second invention, the compound for light emitting device having the molecular structure expressed by the above formula (1) is employed. In this compound for light emitting device, the metal complex which has high-efficient luminescent

10 characteristics and is relatively stable is employed, while as a ligand for the metal complex, the ligand into which the substituent containing boron is introduced is employed. This prevents the emission spectrum from spreading over a wide range, thereby attaining excellent color purity.

15 Furthermore, an emission in which the maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength is attained.

[0037]

In addition, with the introduction of the substituent

containing boron into the ligand employed in the metal complex, the emission color can be varied, and electron transport capability is also improved. This results in excellent luminous efficiency.

5 [0038]

The organic light emitting device having the compound for light emitting device of the molecular structure expressed by the above formula (1) can provide excellent color purity and luminous efficiency.

10 [0039]

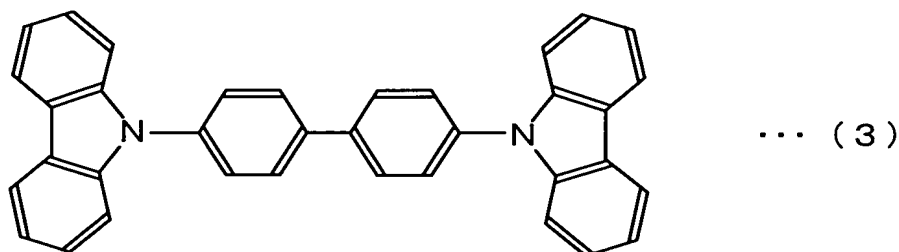
The light emitting layer may contain a host material and the organic compound expressed by the formula (1), the content of the organic compound being not less than 0.1% nor more than 30% by weight for the host material. This results  
15 in a satisfactory emission from the compound for light emitting device.

[0040]

The host material may be 4,4'-N,N'-dicarbazole-1,1'-biphenyl having a molecular  
20 structure expressed by the following formula (3):

[0041]

[Formula 9]



[0042]

# 5 [Embodiments of the Invention]

Description will, hereinafter, be made of a compound for light emitting device according to an embodiment of the present invention, and a light emitting device using the same. A light emitting device in the following represents an organic electroluminescent (hereinafter abbreviated as EL) device.

[0043]

## (First Embodiment)

Fig. 1 is a schematic cross-sectional view showing one example of an organic EL device according to a first embodiment. An organic EL device 100 according to the first embodiment has a layered structure including a hole injection electrode 2 (anode), an organic compound layer 10, and an electron injection electrode 8 (cathode) in this order on a glass substrate 1. The organic compound layer 10 is formed of a hole injection layer 3, a hole transport layer 4, a light

emitting layer 5, a hole blocking layer 6, and an electron injection layer 7.

[0044]

The substrate 1 is a transparent substrate composed of glass, plastic, or the like. The hole injection electrode 2 is a transparent or semi-transparent electrode composed of a metal compound such as indium-tin oxide (hereinafter abbreviated as ITO), a metal such as silver, or an alloy. The electron injection electrode 8 is a transparent, semi-transparent, or non-transparent electrode composed of a metal compound such as magnesium-indium alloy or ITO, a metal such as magnesium (Mg) or lithium (Li), or an alloy.

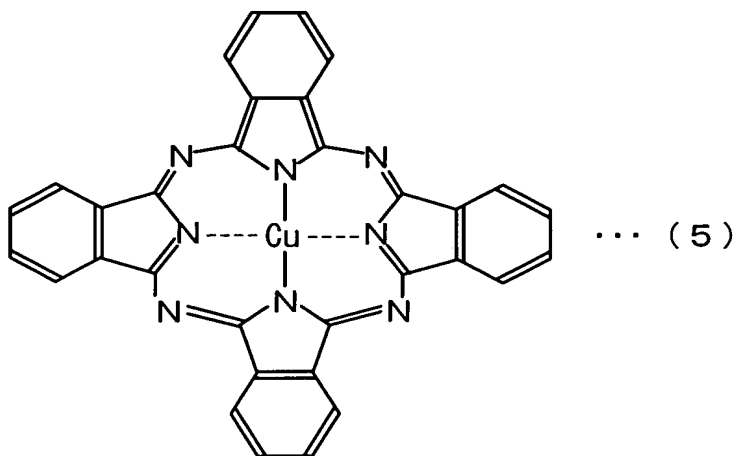
[0045]

In the organic compound layer 10, the hole injection layer 3 is composed of an organic material, such as copper phthalocyanine (hereinafter abbreviated as CuPc) expressed by the following formula (5):

[0046]

[Formula 10]

20



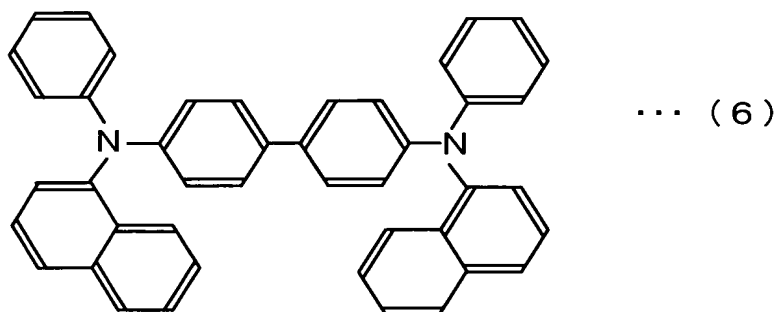
[0047]

The hole transport layer 4 is composed of an organic material, such as N,N'-Di(naphthalene-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidine

5 (hereinafter abbreviated as NPB) expressed by the following formula (6):

[0048]

[Formula 11]



10 [0049]

The light emitting layer 5 is composed of a host material and an emitting dopant as shown below. Each type of organic materials to be employed for the light emitting layer 5 will later be described.

15 [0050]

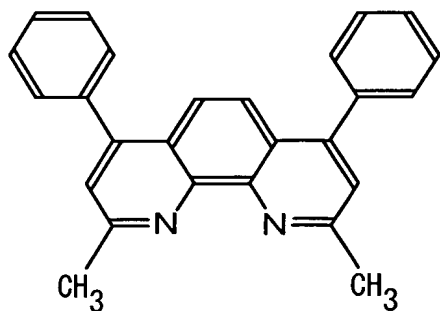
The hole blocking layer 6 is composed of an organic material, such as 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline

(hereinafter abbreviated as BCP) expressed by the following  
20 formula (7) or

((1,1'-bisphenyl)-4-olato)(2-methyl-8-quinolinolato-N1,08)  
aluminum expressed by the following formula (8):

[0051]

[Formula 12]

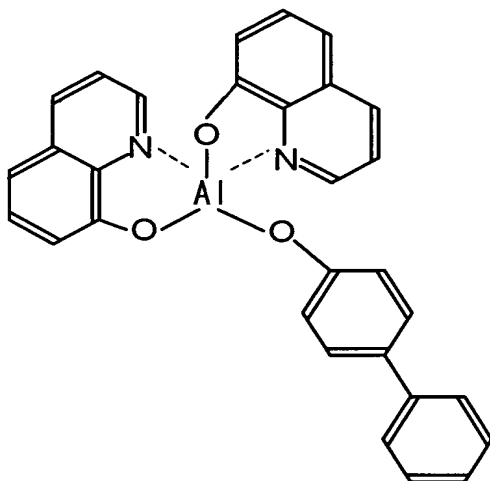


... (7)

5

[0052]

[Formula 13]



... (8)

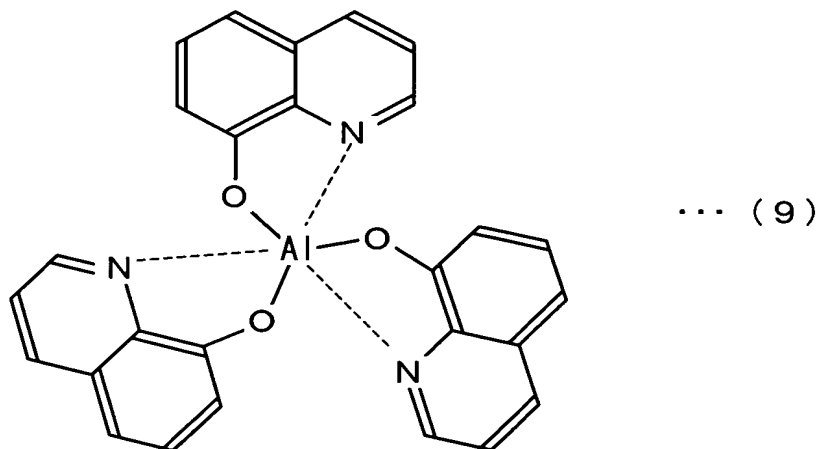
[0053]

10           The electron injection layer 7 is composed of an  
organic                   material,                   such                   as  
Tris(8-hydroxyquinolinato)aluminum                   (hereinafter

abbreviated as Alq) expressed by the following formula (9):

[0054]

[Formula 14]



5 [0055]

When voltage is applied between the hole injection electrode 2 and the electron injection electrode 8 in the organic EL device 100, the light emitting layer 5 emits light. The light produced in the light emitting layer 5 is emitted outside through the hole transport layer 4, hole injection layer 3, hole injection electrode 2, and substrate 1. Such a device structure in which the light produced in the light emitting layer 5 is emitted outside through the substrate 1 will be called " a back-emission structure".

15 [0056]

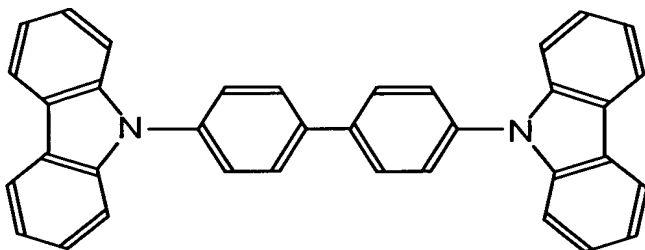
Description will now be made of organic materials employed for the light emitting layer 5. As a host material of the light emitting layer 5, an organic material, such as



4,4'-bis(carbazole-9-yl)-biphenyl (hereinafter abbreviated as CBP) expressed by the following formula (3) is employed:

[0057]

[Formula 15]



... (3)

5

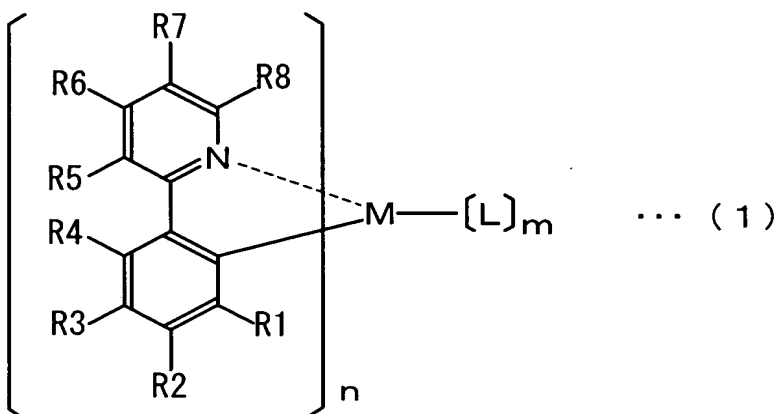
[0058]

As an emitting dopant of the light emitting layer 5, a compound for light emitting device made of an organic material is employed. The compound for light emitting device has a molecular structure expressed by the following formula (1):

10

[0059]

[Formula 16]



... (1)

[0060]

where at least one out of R1 to R8 is a substituent containing boron. The remainder are each any of a hydrogen atom or a substituted or unsubstituted, alkyl group (carbon  
5 number of 1-20), alkenyl group (carbon number of 2-25), alkynyl group, alkoxy group, aryl group, aralkyl group, aryloxy group, arylthio group, heterocyclic group, amino group, acyl group, alkoxycarbonyl group, aryloxycarbonyl group, acyloxy group, acylamino group, hydroxyl group, imino  
10 group, cyano group, nitro group, halogen group, sulfonyl group, or silyl group.

[0061]

The alkyl group represented by any of R1 to R8 may be an alkyl group having the arrangement of carbon including  
15 branched-chain or cyclic-chain as well as straight-chain. As an example of such alkyl group, there may be mentioned: a methyl group, an ethyl group, a propyl group, an isopropyl group, an n-butyl group, a t-butyl group, a cyclohexyl group, a cyclopentyl group, an n-octadecyl group, or an n-dodecyl  
20 group. Among the alkyl groups represented by any of R1 to R8, the cyclohexyl group or the t-butyl group, i.e., a straight-chain alkyl group at carbon number 1 to 10, is preferable.

[0062]

25 As the alkenyl group represented by any of R1 to R8,

a phenylalkenyl group, a diphenyl alkenyl group, or a triphenylalkenyl group in which at least one substituent is a phenyl group is preferable. An unsubstituted alkenyl group may also be employed.

5 [0063]

The aryl group represented by any of R1 to R8 may be either monocyclic or polycyclic, including a fused ring or a ring assembly. The aryl group is preferably has a carbon number of 6 to 30 in total, and may additionally has a  
10 substituent. As an example of such aryl group, there may be mentioned: a phenyl group, a (o-,m-,p-)tolyl group, a (o-,m-,p-)biphenyl group, a (o-,m-,p-)N-substituted anilino group, a fluoryl group, a terphenyl group, a (1-, and 2-)naphtyl group, an anthryl group, a pyrenyl group, a  
15 perylenyl group, and a phenanthryl group.

[0064]

As an example of the acyl group represented by any of R1 to R8, there may be mentioned an acetyl group, a benzoyl group, a pivaloyl group, and a formyl group.

20 [0065]

The above-mentioned substituent containing boron has a molecular structure expressed by the following formula (2):

[0066]

[Formula 17]



[0067]

5 where each of R11 and R12 is a hydrogen atom or a substituent.  
 As an example of the substituent, there may be mentioned: an  
 unsubstituted or substituted, alkyl group, alkenyl group,  
 alkoxy group, aryl group, fused ring group at a ring number  
 of 2 to 4, heterocyclic group, and aryloxy group. R11 and  
 10 R12 may be bonded with each other to form a ring.

[0068]

It is preferable that R11 and R12 are both  
 branched-chain alkyl groups at carbon number 3 to 10 or aryl  
 groups substituted with alkyl groups, and more preferable  
 15 that R11 and R12 are both isopropyl groups, t-butyl groups,  
 phenethyl groups, hexyl groups, (o-,m-,p-)tolyl groups,  
 mesityl groups, triphenyl groups, or anthranyl groups.

[0069]

In the formula (1), L represents a ligand. The ligand  
 20 may be a polydentate ligand such as a bidentate ligand, other  
 than a monodentate ligand. Any ligand which can form a metal  
 complex may be employed without particular limitation.

[0070]

As an example of the above-described ligand, there may be mentioned: a halogen ligand, such as a chlorine ligand; a carboxylic acid ligand, such as a picolinic acid ligand or  
5 a salicylic acid ligand; an imine ligand, such as an N-substituted salicylimine ligand; a nitrogen-containing heterocyclic ligand, such as a phenanthroline ligand or a bipyridyl ligand; a diketone ligand, such as an acetylacetone ligand, a dibenzoylmethane ligand, or a ethyl malonate  
10 ligand; a phosphorus ligand, such as a triphenylphosphine ligand, a tributylphosphine ligand, or a trimethylphosphate ligand; an isocyanide ligand, such as a t-butyliisocyanide ligand; an ortho carbometallation ligand, such as a phenylpyridine ligand; a hexafluororinephosphine ( $\text{PF}_6$ )  
15 ligand; a cyclopentadienyl ligand; or a carbon monoxide ligand.

[0071]

It is preferable that the ligand expressed by L in the formula (1) is a diketone ligand or a carboxylic acid ligand.  
20 It is more preferable that the ligand is an acetylacetone ligand among diketone ligands, still more preferable that it is a picolinic acid ligand among carboxylic acid ligands.

[0072]

In the case where there are a plurality of ligands  
25 expressed by L shown in the formula (1), the ligands may be

any of various types, and may belong to one type or two or more types, while it is preferable that the ligands belong to one type.

[0073]

5           In the formula (1), M represents any metal out of iridium (Ir), platinum (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), and rhenium (Re). Of these metals, M is preferably iridium, platinum or rhenium, more preferably, iridium.

[0074]

10           The valence of the above-described metal is not limited, in particular; however, in the case where M is any of iridium, rhodium, and rhenium, M is preferably trivalent, and where M is platinum or palladium, M is preferably bivalent. In the formula (1), m represents an integer of 0  
15 to 4, and n represents an integer of 1 to 3.

[0075]

          The compound for light emitting device (metal ligand compound) in accordance with the formula (1) having such a molecular structure may be a neutral complex or an ionic  
20 complex having counter salt, while a neutral complex is more preferable.

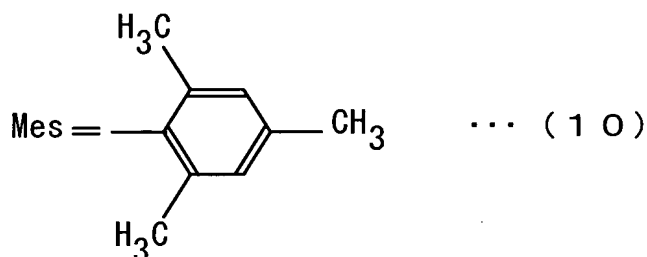
[0076]

          The compound for light emitting device according to the present embodiment is prepared, for example, as follows.  
25 Fig. 2 is a schematic diagram showing one example of a process

of preparing the compound for light emitting device according to the first embodiment. The sign Mes shown in Fig. 2 represents a mesityl group, which is expressed by the following formula (10). In the following, the sign Mes shown  
 5 in each of the formulas (11), (12), (14) represents a mesityl group expressed by the following formula (10):

[0077]

[Formula 18]

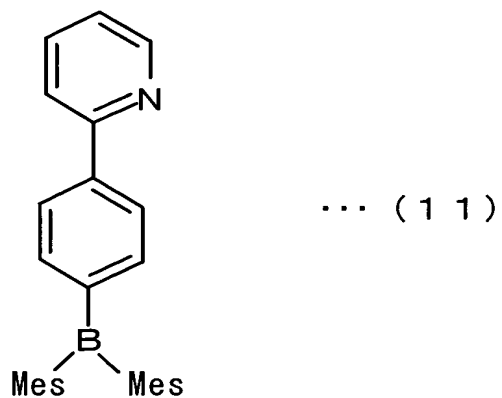


10 [0078]

In a three-neck flask with a reflux tube, [4-(dimesitylboryl)phenyl]pyridine KA1 expressed by the following formula (11), iridium trichloride(III) n hydrate ( $\text{IrCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), 2-ethoxyethanol, and water are mixed. Then,  
 15 the mixture is stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 24 hours. A resultant reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and ethanol, and dried under reduced pressure to give yellow powder of a  
 20 compound TU1 expressed by the following formula (12):

[0079]

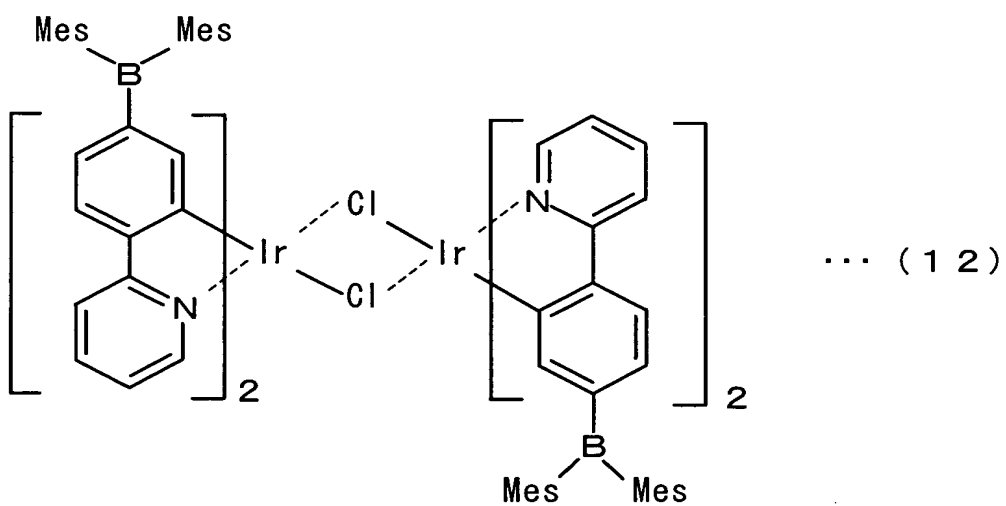
[Formula 19]



[0080]

5

[Formula 20]



[0081]

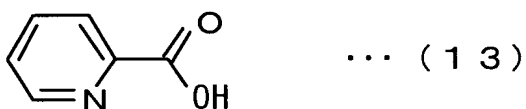
After that, in a three-neck flask with a reflux tube,  
 the compound TU1, a picoline acid KA2 expressed by the  
 10 following formula (13), 2-ethoxyethanol, and sodium



carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) are mixed. Then, the mixture is stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 15 hours. A resultant reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and ethanol, dried under reduced pressure, and purified using silica gel column chromatography (eluting solvent: dichloromethane) to give yellow powder of a compound HD1 for light emitting device expressed by the following formula (14):

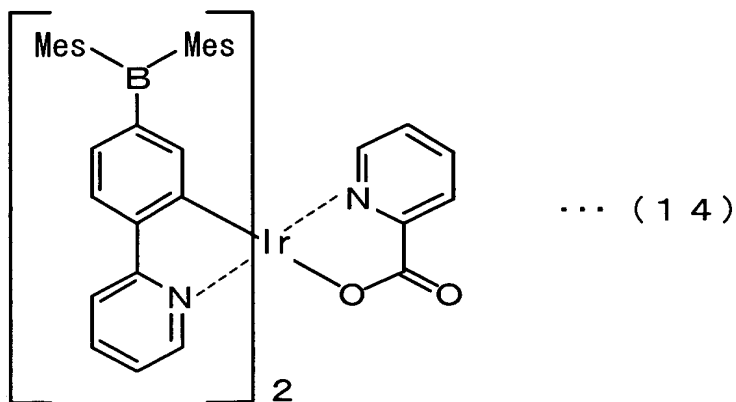
10 [0082]

[Formula 21]



[0083]

[Formula 22]



15

[0084]

In the compound HD1 for light emitting device used in the present embodiment, a metal complex, such as an iridium complex having high efficient luminescent characteristics and is relatively stable is employed, while as a ligand to  
5 be employed in the metal complex, a ligand having a basic skeleton of phenylpyridine into which a substituent containing boron is introduced is employed.

[0085]

This prevents the emission spectrum from spreading  
10 over a wide range, thereby attaining an emission in which a maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength. The compound HD1 for light emitting device provides an orange-red emission.

[0086]

15 By the way, boron has a vacant p-orbital because it has one less electron than carbon. Nakajo et al., for example, has reported in "J. Am. Chem. Soc., 1998, 120, 10776, etc." that the introduction of boron atoms into the  $\pi$  conjugated system leads to extension of the  $\pi$  conjugated  
20 system via the vacant p-orbital.

[0087]

Boron, which is an atom lacking in the number of electrons, has the affinity for electrons. Shirota et al., for example, has reported in "J. Am. Chem. Soc., 2000, 122,  
25 11021., etc." that the introduction of boron can lead to

improvement in transport capability of a material.

[0088]

As can be seen from these reports, with the introduction of the substituent containing boron into the compound for light emitting device according to the present embodiment, the emission color can be varied, while electron transport capability is improved. This has led to reduced voltage and high efficiency of the light emitting device itself.

10 [0089]

Thus, the organic EL device 100 according to the present embodiment provides excellent color purity and luminous efficiency.

[0090]

15 (Second Embodiment)

An organic EL device according to a second embodiment has a similar structure as that of the organic EL device in the first embodiment except for the following points.

[0091]

20 In the present embodiment, a compound for light emitting device employed in the light emitting layer 5 is prepared, for example, as follows. Fig. 3 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the second embodiment. The sign Mes shown in Fig. 3 represents a mesityl

25

group expressed by the formula (10) above. In the following description, the sign Mes shown in the formula (16) represents a mesityl group expressed by the formula (10) above.

5 [0092]

The compound TU1 prepared in the first embodiment is employed for the preparation of the compound for light emitting device according to the second embodiment. The compound TU1 is prepared in a similar process as applied in  
10 the first embodiment.

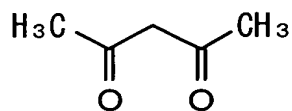
[0093]

In a three-neck flask with a reflux tube, the compound TU1, acetylacetonate KA3 expressed by the following formula (15), 2-ethoxyethanol, and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) are  
15 mixed. Then, the mixture is stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 15 hours. A resultant reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and ethanol, dried under reduced pressure, and  
20 purified using silica gel column chromatography (eluting solvent: dichloromethane) to give yellow powder of a compound HD2 for light emitting device expressed by the following formula (16):

[0094]

25

[Formula 23]

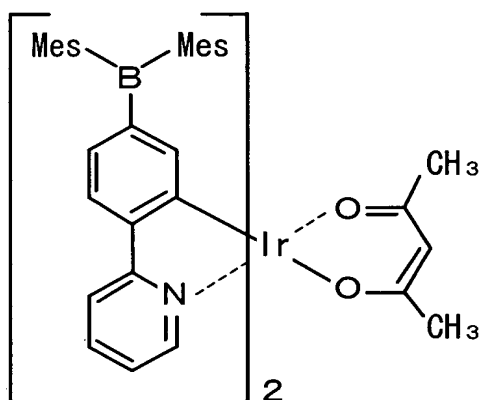


... (15)

[0095]

5

[Formula 24]



... (16)

[0096]

In the compound HD2 for light emitting device according to the present embodiment, a ligand into which a substituent containing boron is introduced is employed. This prevents the emission spectrum from spreading over a wide range, thereby attaining an emission in which a maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength. The compound HD2 for light emitting device provides an orange-red emission.

[0097]

Moreover, because of the introduction of the substituent containing boron, the electron transport capability is improved, while the emission color can be varied. This has led to reduced voltage and high efficiency of the light emitting device itself.

[0098]

(Third Embodiment)

An organic EL device according to a third embodiment has a similar structure as that of the organic EL device in the first embodiment except for the following points.

[0099]

In the present embodiment, a compound for light emitting device to be employed in the light emitting layer is prepared, for example, as follows. Fig. 4 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the third embodiment. The sign Mes shown in Fig. 4 represents a mesityl group expressed by the formula (10) above. In the following description, the sign Mes shown in each of the formulas (17), (18) represents a mesityl group expressed by the formula (10) above.

[0100]

In a three-neck flask with a reflux tube, glycerol is heated to 140 to 150°C and N<sub>2</sub>-bubbled for an hour, and then

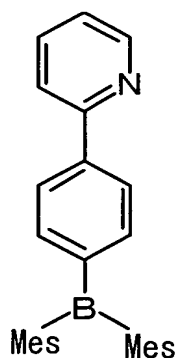
cooled to the room temperature. After that, 2-[(4-(dimesitylboryl)phenyl)pyridine KA4 expressed by the following formula (17) and iridium(III)acetylacetonate ( $\text{Ir}(\text{acac})_3$ ) are added to the glycerol. The mixture is then

5 stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 5 hours. A resultant reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and methanol, dried under reduced pressure, and then purified using silica gel column

10 chromatography (eluting solvent: dichloromethane) to give yellow powder of a compound HD3 for light emitting device expressed by the following formula (18):

[0101]

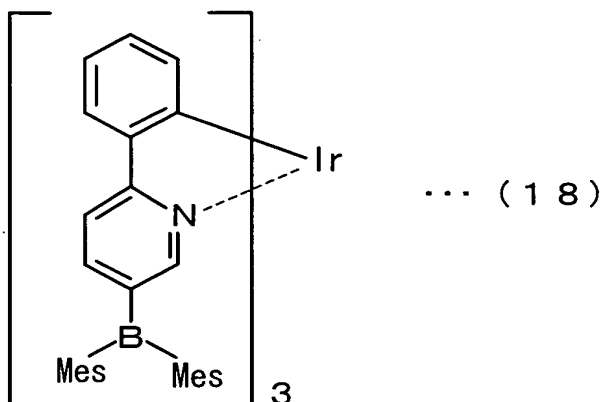
[Formula 25]



... (17)

[0102]

[Formula 26]



5 [0103]

In the compound HD3 for light emitting device according to the present embodiment, a ligand in which a substituent containing boron is introduced is employed. This prevents the emission spectrum from spreading over a wide range, thereby attaining an emission in which a maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength. The compound HD3 for light emitting device provides an orange-red emission.

[0104]

15 Moreover, because of the introduction of the substituent containing boron, the electron transport capability is improved, while the emission color can be varied. This has led to reduced voltage and high efficiency



of the light emitting device itself.

[0105]

(Fourth embodiment)

An organic EL device according to a fourth embodiment  
5 has a similar structure as that of the organic EL device in  
the first embodiment except for the following points.

[0106]

In the present embodiment, a compound for light  
emitting device to be employed in the light emitting layer  
10 5 is prepared, for example, as follows. Fig. 5 is a schematic  
diagram showing one example of a process of preparing the  
compound for light emitting device according to the fourth  
embodiment. The sign Mes shown in Fig. 5 represents a mesityl  
group expressed by the formula (10) above. In the following  
15 description, the sign Mes shown in each of the formulas (19),  
(20), (21) represents a mesityl group expressed by the  
formula (10) above.

[0107]

In a three-neck flask with a reflux tube,  
20 4-(dimesitylboryl)-2-[(4-(dimesitylboryl)phenyl)pyridine  
KA5 expressed by the following formula (19), iridium  
trichloride(III)n-hydrate ( $\text{IrCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), 2-ethoxyethanol,  
and water are mixed. The mixture is then stirred under reflux  
in a nitrogen atmosphere for 20 hours. A resultant reactance  
25 is cooled to the room temperature, and subsequently a

precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and ethanol, and dried under reduced pressure to give yellow powder of a compound TU2 for light emitting device expressed by the following formula (20).

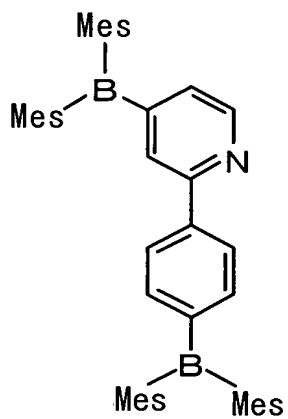
5 [0108]

After that, the compound TU2, a picolinic acid KA2 expressed by the formula (13) above, 2-ethoxyethanol, and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) are mixed. The mixture is then stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 12 hours.

10 A resultant reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and ethanol, dried under reduced pressure, and then purified using silica gel column chromatography (eluting solvent: dichloromethane) to give  
15 yellow powder of a compound HD4 for light emitting device expressed by the following formula (21):

[0109]

[Formula 27]

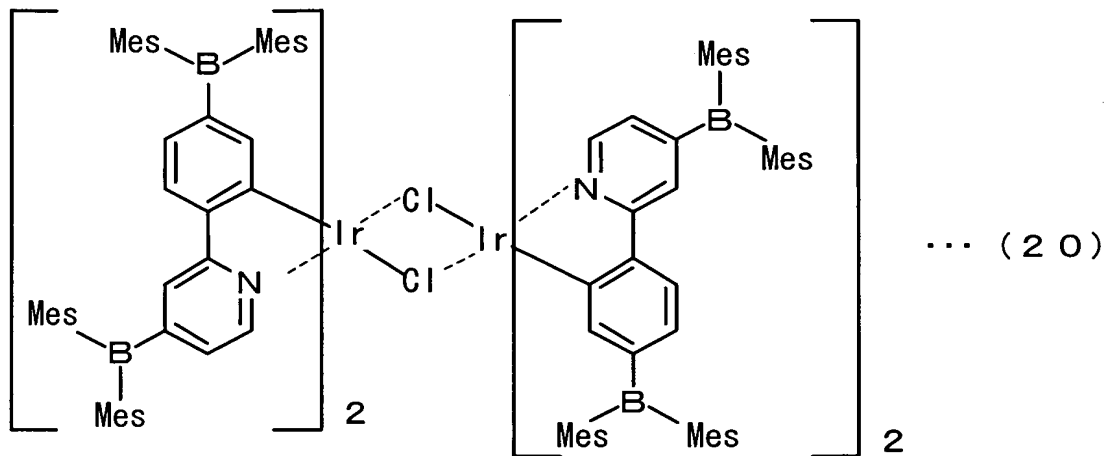


... (19)

[0110]

5

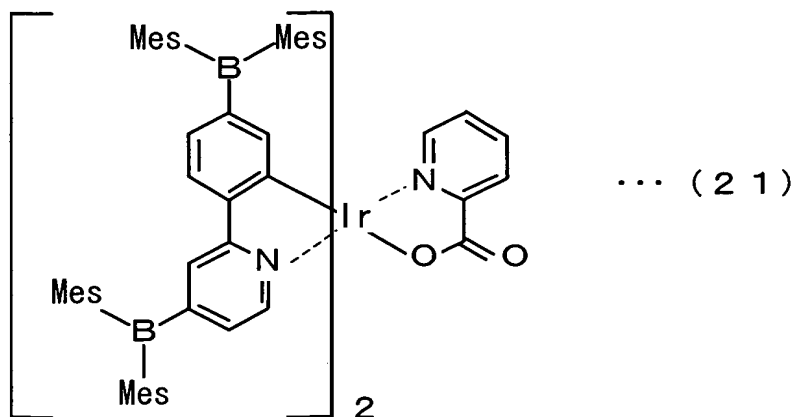
[Formula 28]



... (20)

[0111]

[Formula 29]



[0112]

5           In the compound HD4 for light emitting device according to the present embodiment, a ligand in which a substituent containing boron is introduced is employed. This prevents the emission spectrum from spreading over a wide range, thereby attaining an emission in which a maximum

10   luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength. The compound HD4 for light emitting device provides an orange-red emission.

[0113]

          Moreover, because of the introduction of the

15   substituent containing boron, the electron transport capability is improved, while the emission color can be varied. This has led to reduced voltage and high efficiency of the light emitting device itself.

[0114]

(Fifth Embodiment)

An organic EL device according to a fifth embodiment has a similar structure as that of the organic EL device in the first embodiment except for the following points.

[0115]

In the present embodiment, a compound for light emitting device to be employed in the light emitting layer is prepared, for example, as follows. Fig. 6 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the fifth embodiment. The sign Mes shown in Fig. 6 represents a mesityl group expressed by the formula (10) above. In the following description, the sign Mes shown in each of the formulas (22), (23), (24) represents a mesityl group expressed by the formula (10) above.

[0116]

In a three-neck flask with a reflux tube, 4-(dimesitylboryl)-2-[4-(N,N'-diphenylamino)phenyl]pyridine KA6 expressed by the following formula (22), iridium trichloride(III)<sub>n</sub> hydrate (IrCl<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O), 2-ethoxyethanol, and water are mixed. The mixture is then stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 24 hours. A resultant reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed

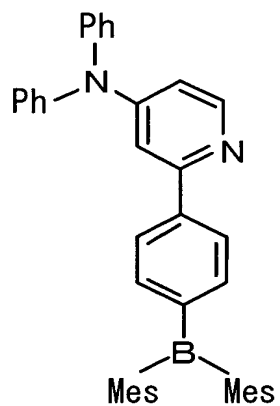
in water and ethanol, and dried under reduced pressure to give yellow powder of a compound TU3 for light emitting device expressed by the following formula (23).

[0117]

5           After that, in a three-neck flask with a reflux tube, the compound TU3, acetylacetonate KA3 expressed by the formula (15) above, 2-ethoxyethanol, and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) are mixed. A resultant mixture is then stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 15 hours. A resultant  
10 reactance is cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid is filtered. The filtered solid is washed in water and ethanol, dried under reduced pressure, and then purified using silica gel column chromatography (eluting solvent: dichloromethane) to give yellowish orange  
15 powder of a compound HD5 for light emitting device expressed by the following formula (24):

[0118]

[Formula 30]

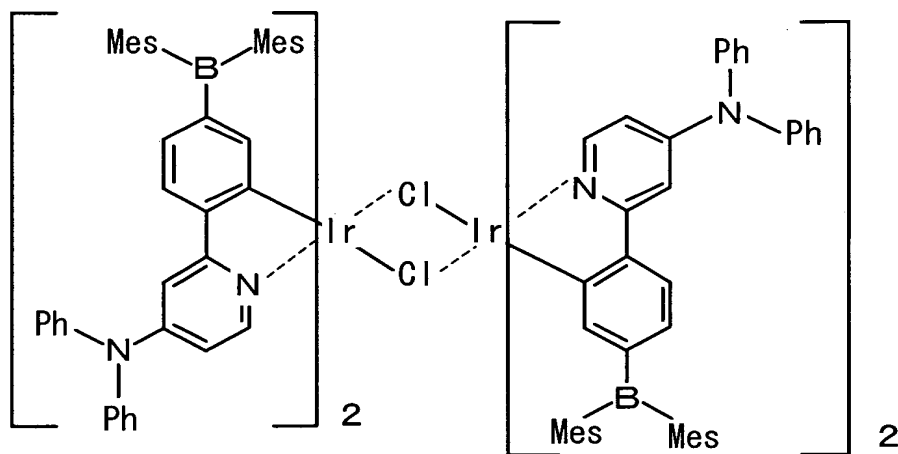


... (22)

[0119]

5

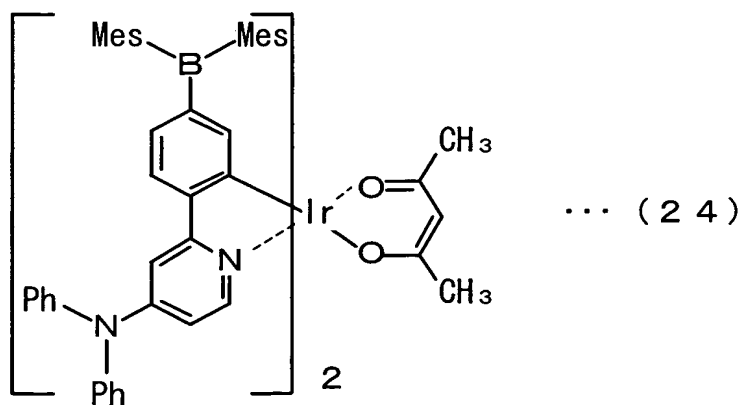
[Formula 31]



... (23)

[0120]

[Formula 32]



[0121]

5           In the compound HD5 for light emitting device according to the present embodiment, a ligand into which a substituent containing boron is introduced is employed. This prevents the emission spectrum from spreading over a wide range, thereby attaining an emission in which a maximum

10   luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength. The compound HD5 for light emitting device provides an orange-red emission.

[0122]

          Moreover, because of the introduction of the

15   substituent containing boron, the electron transport capability is improved, while the emission color can be varied. This has led to reduced voltage and high efficiency of the light emitting device itself.



[0123]

In the first to fifth embodiments, it is desirable that the amount of the compound for light emitting device (emitting dopant) to be doped into the light emitting layer 5 is in a predetermined range. This is because doping of an excessive amount of the emitting dopant may, in some cases, cause lowering of the luminous intensity, luminous efficiency, and the like.

[0124]

Specifically, it is preferable that the amount of the compound for light emitting device to be doped into the light emitting layer 5 is not less than 0.1% nor more than 30% by weight for the light emitting layer 5. This results in a satisfactory emission from the compound for light emitting device.

[0125]

The organic EL device may have a top emission structure in which the light produced in the light emitting layer 5 is emitted through the hole blocking layer 6, electron injection layer 7, and electron injection electrode 8, with the electron injection electrode 8 being made of a transparent or semi-transparent electrode.

[0126]

The light emitting layer 5 may be formed of two light emitting layers emitting different colors, respectively.

For instance, when one of the two layers is doped with the compound for light emitting device according to any of the first to fifth embodiments that provides an orange-red emission, while the other is doped with a compound for light emitting device that provides a blue emission, a white light-emitting device is obtained. In this case, the use of the white light emitting device in combination with filters of red, green, and blue enables three primary colors of light (RGB display), thereby realizing a full-color display.

10 [0127]

The organic EL device prepared according to any of the first to fifth embodiments that provides an orange-red emission may be used in combination with an organic EL device emitting green light and an organic EL device emitting blue light. In this case, the use of the organic EL device prepared according to any of the first to fifth embodiments as a pixel emitting red light (R pixel), an organic EL device emitting green light as a pixel emitting green light (G pixel), and an organic EL device emitting blue light as a pixel emitting blue light (B pixel) enables display of three primary colors of light (RGB display), thereby realizing a full-color display.

[0128]

In the organic EL device according to each of the first to fifth embodiments, the organic EL device 100 corresponds

to an organic light emitting device; the hole injection electrode 2 corresponds to a hole injection electrode; the electron injection electrode 8 corresponds to an electron injection electrode; the hole injection layer 3, hole transport layer 4, hole blocking layer 6, and electron injection layer 7 correspond to carrier transport layers; and the light emitting layer 5 corresponds to a light emitting layer..

[0129]

10 (Sixth Embodiment)

An organic EL device according to a sixth embodiment has a similar structure as that of the organic EL device according to the first embodiment except that the light emitting layer 5 is composed of a host material, an emitting dopant, and an assisting dopant.

[0130]

As a host material forming the base material of the light emitting layer 5, an organic compound such as CBP expressed by the formula (3) above is employed.

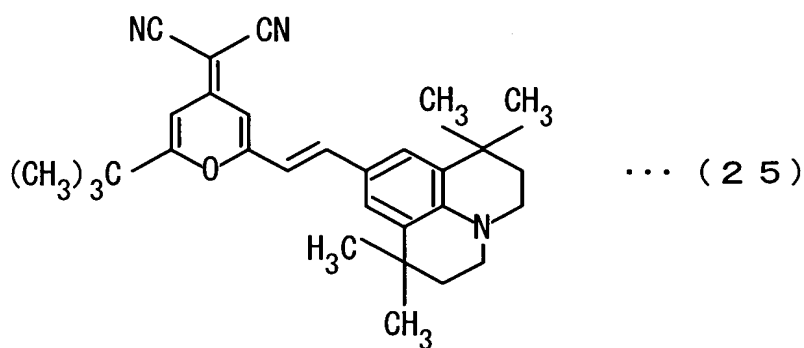
20 [0131]

It is desirable that the emitting dopant is composed of an organic material emitting red light. For example, a singlet organic material, such as (2-(1,1-dimethylethyl)-6-(2-(2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H-benzo[ij]quinolizine-9-yl)ethenyl)-4H-

pyran-4-ylidene)propandinitril (hereinafter abbreviated as DCJTB) expressed by the following formula (25) or a triplet organic material, such as bis(2-2'-benzothienyl)-pyridinato-N,C3iridium(acetylacetonate) (hereinafter abbreviated as btp2Ir(acac)) expressed by the following formula (26) or iridium(III)tris(2-naphthalene-1-yl-quinolinato)-N,C<sup>2</sup> (hereinafter abbreviated as Ir(Naphq)<sub>3</sub>) expressed by the following formula (27) are mentioned.

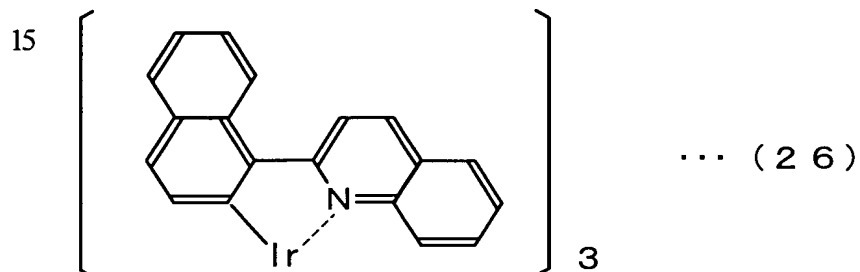
10 [0132]

[Formula 33]



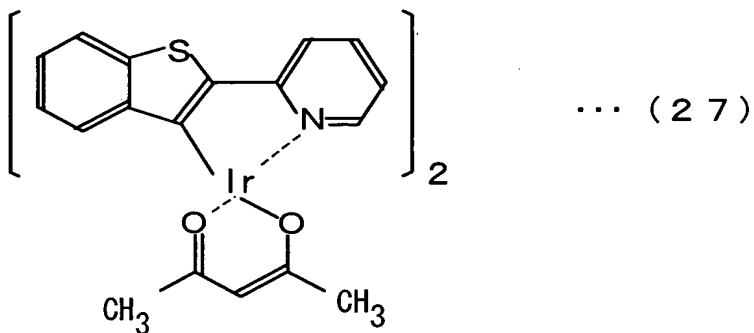
[0133]

[Formula 34]



[0134]

[Formula 35]



[0135]

5           Note that the singlet organic material herein represents an organic material which can convert singlet excitation energy into a light emission, while the triplet organic material represents an organic material which can convert triplet excitation energy into a light emission.

10 [0136]

          The assisting dopant serves to transfer the energy excited by the above host material to the emitting dopant. In the present embodiment, the compound for light emitting device according to any of the above first to fifth

15   embodiments is employed as the assisting dopant. In the present embodiment, it is preferable that the assisting dopant made of the above-described compound for light emitting device emits orange-red light in the case where the emitting dopant emits red light.

[0137]

The luminescent wavelength of the emitting dopant is longer than that of the host material. In the case where the interval between the luminescent wavelength of the host material and the luminescent wavelength of the emitting dopant is short, the excitation energy generated by the host material is effectively transferred to the emitting dopant.

[0138]

However, in the case where the interval between the luminescent wavelength of the host material and that of the emitting dopant is long, it is difficult to transfer the excitation energy generated by the host material to the emitting dopant.

[0139]

For this reason, the assisting dopant having a luminescent wavelength is doped between the luminescent wavelength of the host material and the luminescent wavelength of the emitting dopant, so that the assisting dopant acts as a bridge to transfer the excitation energy generated in the host material to the emitting dopant. This results in a satisfactory emission from the emitting dopant and improved luminous efficiency of the organic EL device itself.

[0140]

As described above, the organic EL device according

to the present embodiment provides improved luminous intensity of the emitting dopant and improved luminous efficiency, through the employment of the compound for light emitting device as the assisting dopant, even if the compound for light emitting device is not emitted.

[0141]

(Seventh Embodiment)

An organic EL device according to a seventh embodiment has a similar structure as that of the organic EL device according to the first embodiment except that the compound for light emitting device according to any of the first to fifth embodiments is employed as a hole blocking layer 6.

[0142]

The compound for light emitting device has electron transport capability, as mentioned above. By the employment of this compound for light emitting device as the hole blocking layer 6, electrons are transported, while holes are prevented from being transferred.

[0143]

In general, a hole blocking layer 6 made of an organic material without electron transport capability, is formed with a small thickness in order to transfer electrons. However, as for the hole blocking layer 6 in the present embodiment, the layer can be formed with a large thickness, by the employment of the compound for light emitting device

with electron transport capability.

[0144]

Accordingly, the hole blocking layer 6 can be formed with a large thickness, resulting in the fabrication of an  
5 organic EL device having high yield. A highly reliable organic EL device is thus fabricated.

[0145]

Moreover, because the formation of the hole blocking layer 6 with a large thickness is allowed, it is not necessary  
10 to make precise adjustments to the thickness, thus leading to improved productivity.

[0146]

[Examples]

Organic EL devices in Inventive Example 1, Comparative  
15 Example 1, and Comparative Example 2 were fabricated based on the embodiments of the present invention, and drive voltage was applied to each of the fabricated organic EL devices to measure luminescent characteristics.

[0147]

20 [Inventive Example 1]

The organic EL device in Inventive Example 1 has a similar structure as that of the organic EL device in the above first embodiment. In the organic EL device in Inventive Example 1, a glass substrate was employed as the substrate  
25 1, and ITO was employed as the hole injection electrode 2.



In addition, CuPc (with a thickness of 100 Å) was employed as the hole injection layer 3, NPB (with a thickness of 500 Å) was employed as the hole transport layer 4, and CPB and the compound HD1 for light emitting device in the above first  
5 embodiment were employed as the light emitting layer 5. The light emitting layer 5 was 250 Å in thickness. Moreover, BAlq (with a thickness of 100 Å) was employed as the hole blocking layer 6, Alq (with a thickness of 400 Å) was employed as the electron injection layer 7, and a cathode electrode (with a  
10 thickness of 2000 Å) made of lithium fluoride and aluminum was employed as the electron injection electrode 8.

[0148]

As for the light emitting layer 5, the CBP was employed as a host material, and the compound HD1 for light emitting  
15 device as an emitting dopant. The compound HD1 for light emitting device was doped in an amount of 6.5% by weight for the light emitting layer 5.

[0149]

The organic EL device in Inventive Example 1 was  
20 fabricated as follows.

First, the substrate 1 (glass substrate) already provided with the hole injection electrode 2 (ITO) was twice subjected to ultrasonic cleaning in isopropyl alcohol for five minutes, and the surfaces of the substrate 1 and the hole  
25 injection electrode 2 were washed by an ozone cleaner.

[0150]

After that, the hole injection layer 3 (CuPc), hole transport layer 4 (NPB), light emitting layer 5 (CBP and compound HD1 for light emitting device), hole blocking layer 5 6 (BAIq), electron injection layer 7 (Alq), and electron injection electrode 8 (lithium fluoride and aluminum) were sequentially deposited on the hole injection electrode 2 (ITO) by vacuum evaporation.

[0151]

10 Vapor deposition of each of the layers forming the organic EL device was performed at a vacuum degree of  $1 \times 10^{-6}$  Torr without controlling the temperature.

[0152]

Description will now be made of a process of preparing 15 the compound HD1 for light emitting device employed in the light emitting layer 5. The compound HD1 for light emitting device was prepared similarly as in the first embodiment.

[0153]

In a three-neck flask (200 ml) with a reflux tube, 20 2-[4-(dimesitylboryl)phenyl]pyridine KA1 expressed by the above formula (11): 3.22 g (8.00 mmol), iridium trichloride(III) n hydrate ( $\text{IrCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ): 0.600 g (2.00 mmol), 2-ethoxyethanol: 60 ml, and water: 20 ml were mixed. The mixture was then stirred under reflux in a nitrogen 25 atmosphere for 24 hours. A resultant reactance was cooled

to the room temperature, and subsequently a precipitated solid was filtered. The filtered solid was washed in water and ethanol, and dried under reduced pressure to give a 1.26 g yellow powder of the compound TU1 for light emitting device  
5 (with a yield of 61%) expressed by the above formula (12).  
[0154]

After that, in a three-neck flask (200 ml) with a reflux tube, the compound TU1: 0.414 g (0.200 mmol), picolinic acid KA2 expressed by the above formula (13): 0.61  
10 g (0.513 mmol), 2-ethoxyethanol: 20 ml, and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ): 0.25 g were mixed, and the mixture was stirred under reflux in a nitrogen atmosphere for 15 hours. A resultant reactance was cooled to the room temperature, and subsequently a precipitated solid was filtered. The filtered  
15 solid was washed in water and ethanol, dried under reduced pressure, and then purified using silica gel column chromatography (eluting solvent: dichloromethane) to give a 0.301 g yellow powder of the compound HD1 for light emitting device (with a yield of 67%). The compound HD1 for light  
20 emitting device was thus prepared.  
[0155]

The organic EL device thus prepared was biased such that the hole injection electrode 2 was positive, and the electron injection electrode 8 was negative to measure the  
25 luminescent characteristics.

[0156]

As a result, an orange emission with a maximum luminescent wavelength of 580 nm was attained. The full width at half-maximum of the emission spectrum was 70 nm.

5 [0157]

[Comparative Example 1]

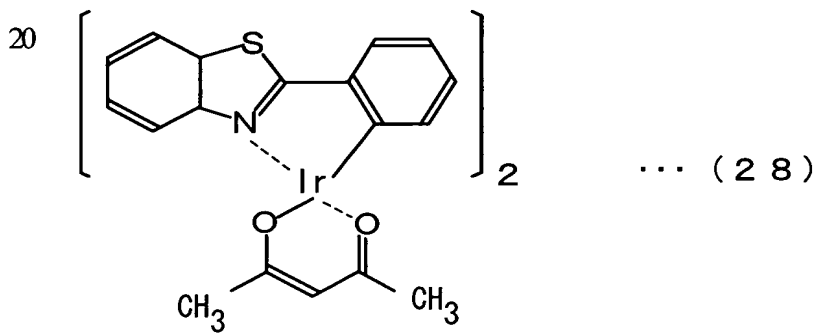
The organic EL device in Comparative Example 1 has a similar structure as that of the organic EL device in Inventive Example 1 except that a different compound for  
10 light emitting device was employed for the emitting dopant of light emitting layer 5.

[0158]

As the emitting dopant in Comparative Example 1, iridium(III)bis(2-phenylbenzothiazolato)-N,C<sup>2</sup>-acetylacetonate (hereinafter abbreviated as (bt)<sub>2</sub>Ir(acac)) (disclosed  
15 in "S. Lamansky, et al, J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 4304.") expressed by the following formula (28) was employed:

[0159]

[Formula 36]



[0160]

The organic EL device thus prepared was biased such that the hole injection electrode 2 was positive, and the electron injection electrode 8 was negative, so as to measure the luminescent characteristics.

[0161]

As a result, an orange emission with a maximum luminescent wavelength of 558 nm was attained. The full width at half-maximum of the emission spectrum was 100 nm.

10 [0162]

[Comparative Example 2]

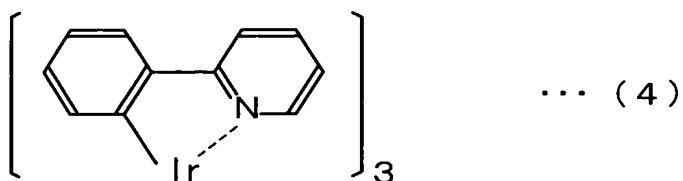
The organic EL device in Comparative Example 2 has a similar structure as that of the organic EL device in Inventive Example 1 except that a different compound for light emitting device was employed for the emitting dopant of light emitting layer 5.

[0163]

As the emitting dopant in Comparative Example 2, iridium(III)tris(2-phenylpyridinato)-N,C<sup>2</sup> (hereinafter abbreviated as Ir(ppy)<sub>3</sub>) expressed by the following formula (4) was employed:

[0164]

[Formula 37]



[0165]

The organic EL device thus prepared was biased such that the hole injection electrode 2 was positive, and the electron injection electrode 8 was negative, so as to measure the luminescent characteristics.

[0166]

As a result, a green emission with a maximum luminescent wavelength of 515 nm was attained. The full width at half-maximum of the emission spectrum was 60 nm.

10 [0167]

[Evaluation]

From the measurement results of the luminescent characteristics of the organic EL devices in Inventive Example 1, Comparative Examples 1, 2, Inventive Example 1 and Comparative Example 1 were compared, and Inventive Example 1 and Comparative Example 2 were compared. Table 1 below shows the maximum luminescent wavelengths and full widths at half-maximum of Inventive Example 1, Comparative Example 1 and Comparative Example 2.

20

25

[0168]

[Table 1]

| organic EL device                          | emitting dopant            | maximum luminescent wavelength (nm) | full width at half-maximum (nm) |
|--|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| organic EL device in Inventive Example 1   | compound KA4               | 594                                 | 76                              |
| organic EL device in Comparative Example 1 | (bt) <sub>2</sub> Ir(acac) | 558                                 | 100                             |
| organic EL device in Comparative Example 2 | Ir(ppy) <sub>3</sub>       | 515                                 | 60                              |

[0169]

5            Fig. 7 is a graph showing the luminescent characteristics obtained in Inventive Example 1 and Comparative Example 1. The ordinate shows luminous intensity, and the abscissa shows luminescent wavelength. The solid line J1 represents the luminescent characteristics

10 of the organic EL device in Inventive Example 1, whereas the solid line J2 represents the luminescent characteristics of the organic EL device in Comparative Example 1.

[0170]

With reference to Table 1 and Fig. 7, the maximum

15 luminescent wavelength of Inventive Example 1 is located at a longer wavelength than those of Comparative Examples 1 and 2. When the maximum luminescent wavelength is shifted to a longer wavelength as in this case, an orange emission of good purity is attained.

[0171]

In addition, the full width at half-maximum of Inventive Example 1 is smaller than that of Comparative Example 1, and it is almost equal to that of Comparative  
5 Example 2. When the full width at half-maximum of the emission spectrum is small as in this case, a sufficient emission in a visible light range can be made.

[0172]

Consequently, it was made clear that the organic EL  
10 device employing the emitting dopant into which a substituent containing boron is introduced provides excellent color purity and excellent luminous efficiency.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

15 Fig. 1 is a schematic cross-sectional view showing one example of an organic EL device according to a first embodiment.

[Fig. 2]

20 Fig. 2 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the first embodiment.

[Fig. 3]

25 Fig. 3 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the second embodiment.



[Fig. 4]

Fig. 4 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the third embodiment.

5 [Fig. 5]

Fig. 5 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the fourth embodiment.

[Fig. 6]

10 Fig. 6 is a schematic diagram showing one example of a process of preparing the compound for light emitting device according to the fifth embodiment.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a graph showing the luminescent  
15 characteristics obtained in Inventive Example 1 and Comparative Example 1.

[Description of Reference Numerals]

- 1 substrate
- 2 hole injection electrode
- 20 3 hole injection layer
- 4 hole transport layer
- 5 light emitting layer
- 6 hole blocking layer
- 7 electron injection layer
- 25 8 electron injection electrode

10 organic compound layer

100 organic EL device



FIG. 1

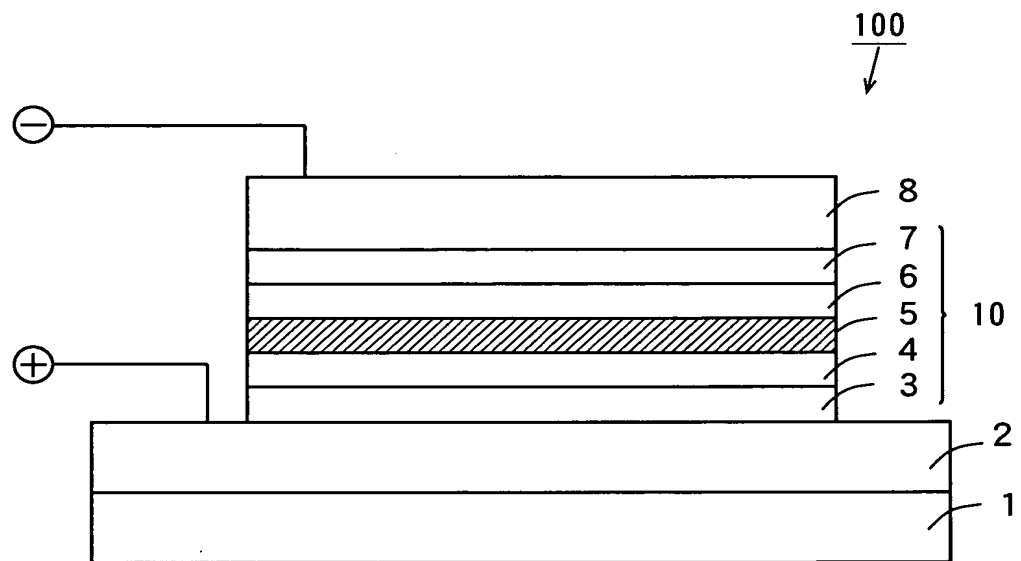


FIG. 2

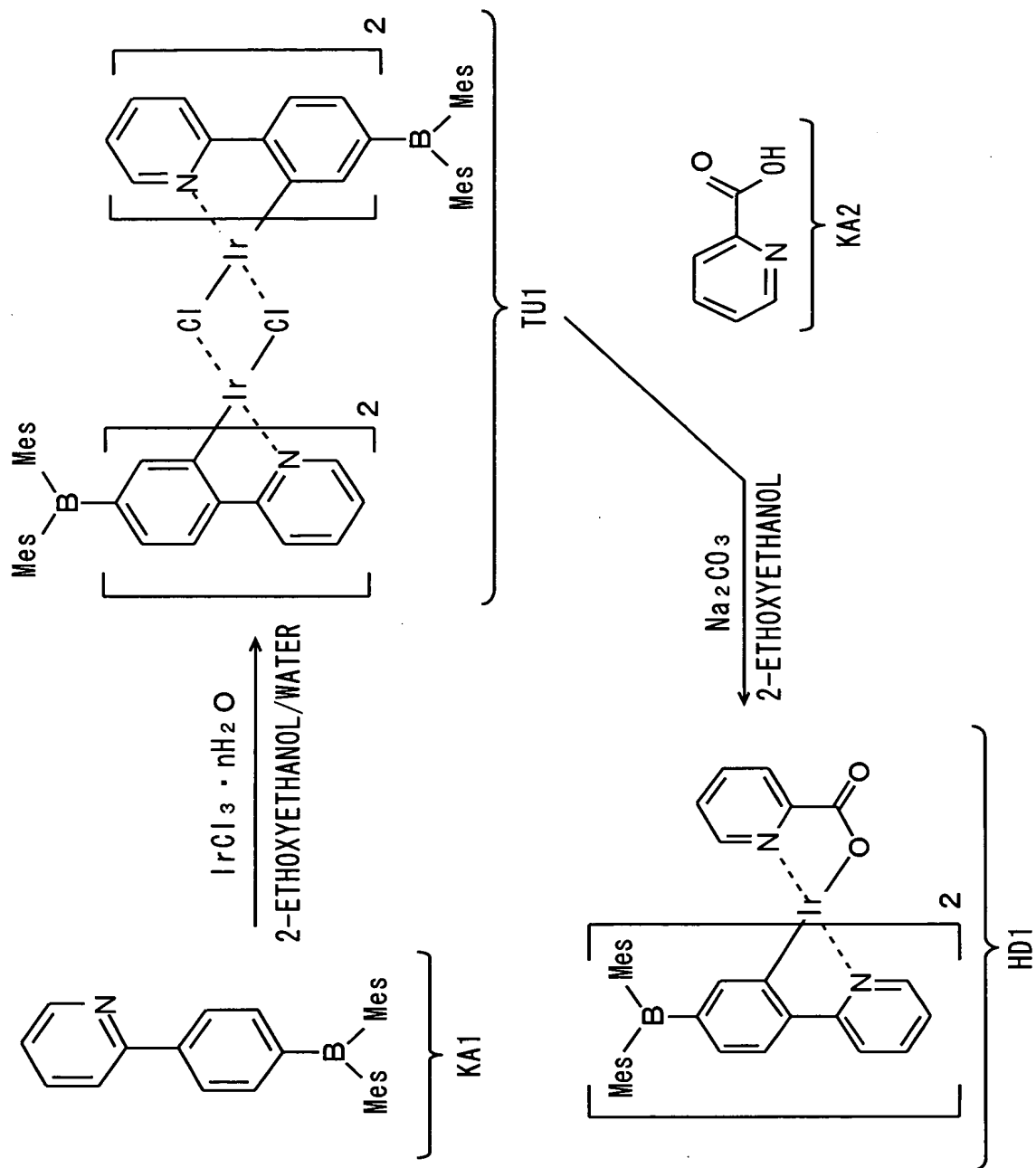


FIG. 3

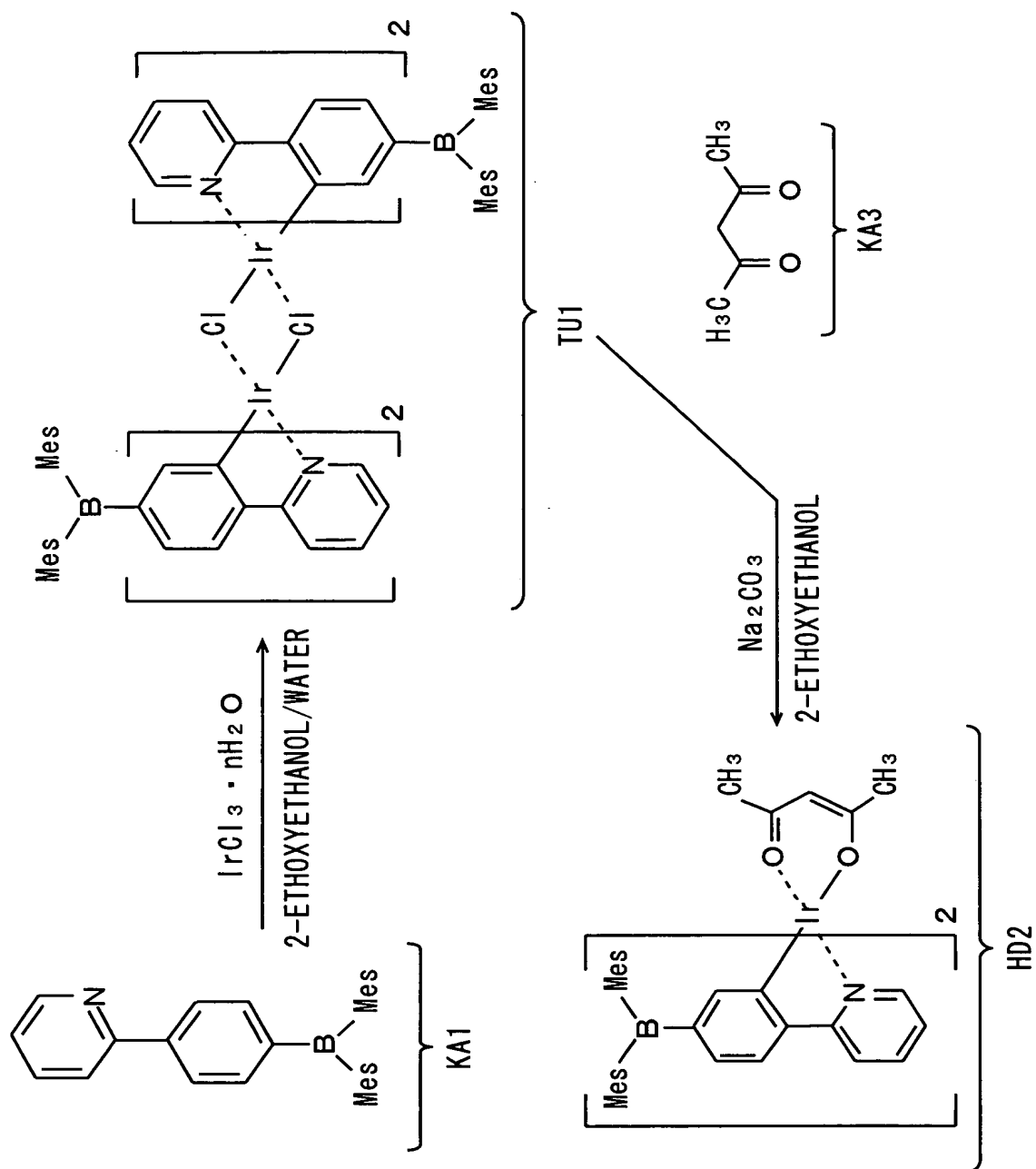


FIG. 4

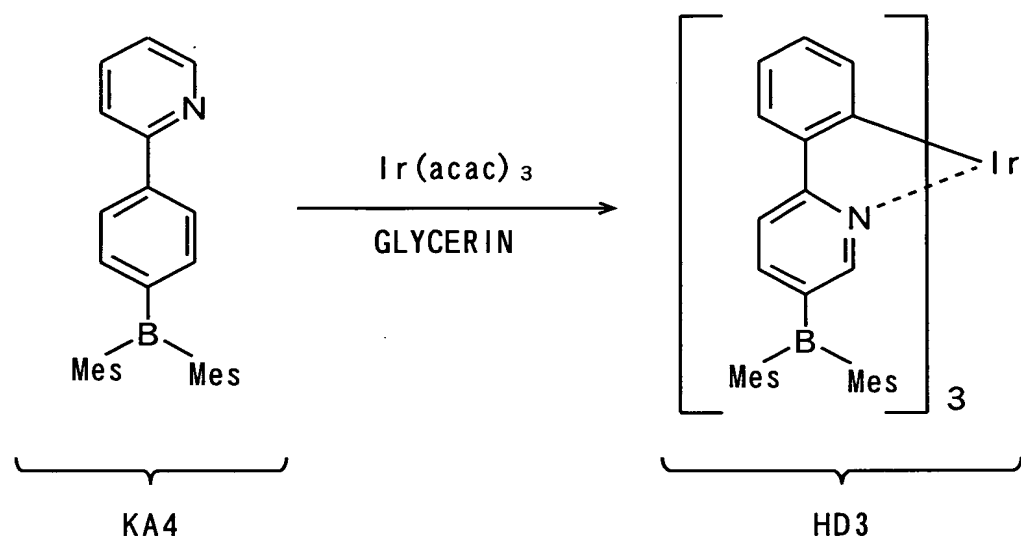


FIG. 5

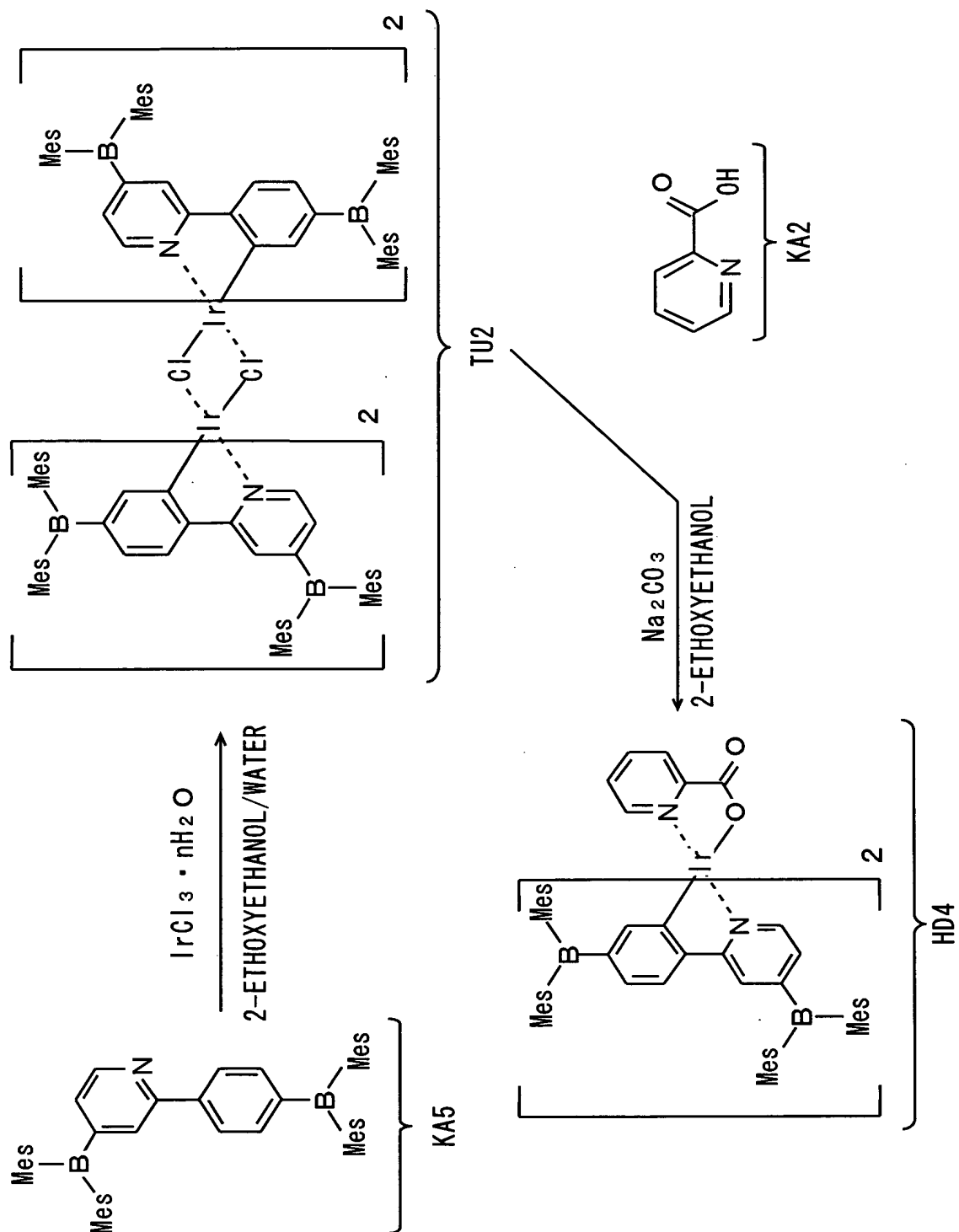


FIG. 6

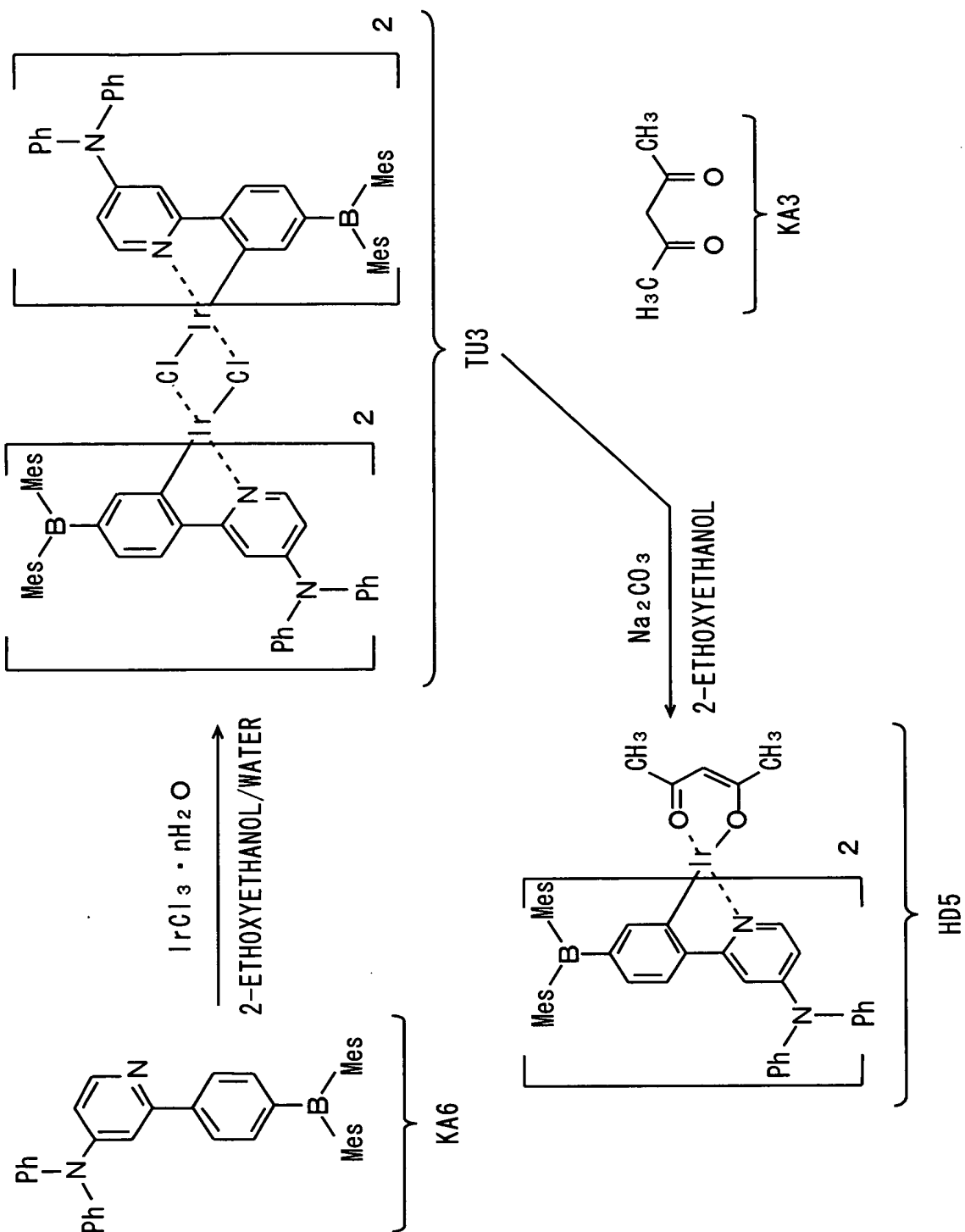
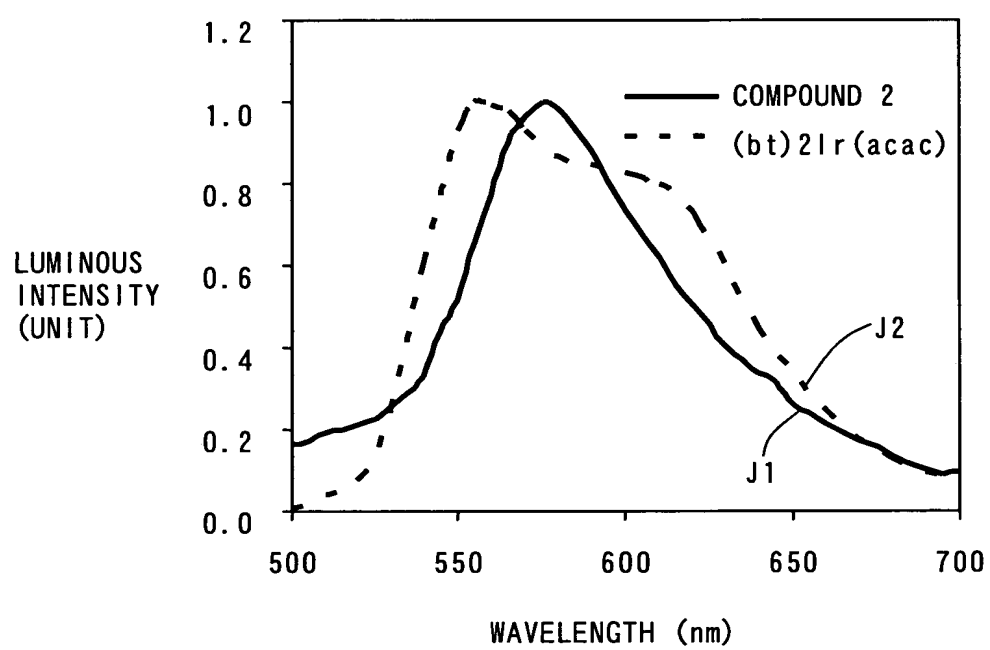




FIG. 7



[Document Name] Abstract

[Abstract]

[Subject] Providing a compound for a light emitting device having excellent luminous efficiency and capable of providing excellent color purity, and an organic light emitting device using the same.

[Solving Means] An organic EL device 100 according to the present invention has a layered structure in which a hole injection electrode 2 (anode), a hole injection layer 3, a hole transport layer 4, a light emitting layer 5, a hole blocking layer 6, an electron injection layer 7, and an electron injection electrode 8 (cathode) are layered in this order on a substrate 1. The light emitting layer 5 is composed of a host material and an emitting dopant. A compound for light emitting device, which is an organic material is employed for the emitting dopant. The compound for light emitting device is a metal complex employing a ligand having a substituent containing boron.

[Selected Drawing] Fig. 1

## Applicant Record

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Identification No.      | [000001889]                                      |
| 1. Date of Alternation  | October 20, 1993                                 |
| [Reason of Alternation] | Alternation of Address                           |
| Address                 | 2-5-5, Keihanhondori,<br>Moriguchi-shi, Osaka-fu |
| Name                    | SANYO ELECTRIC CO., LTD.                         |

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    3 月 3 1 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 9 7 3 0 3  
Application Number:

[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 9 7 3 0 3 ]

願                      人                      三 洋 電 機 株 式 会 社  
Applicant(s):

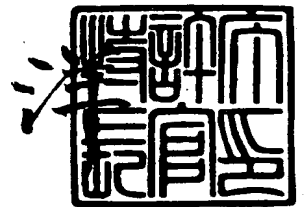
Best Available Copy

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 1 0 月    8 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出 証 番 号    出 証 特 2 0 0 4 - 3 0 9 1 3 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 NPA1030010

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05B 33/00  
G09G 3/30

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社  
社内

【氏名】 齊藤 香織

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098305

【弁理士】

【氏名又は名称】 福島 祥人

【電話番号】 06-6330-5625

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 032920

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006012

【プルーフの要否】 要

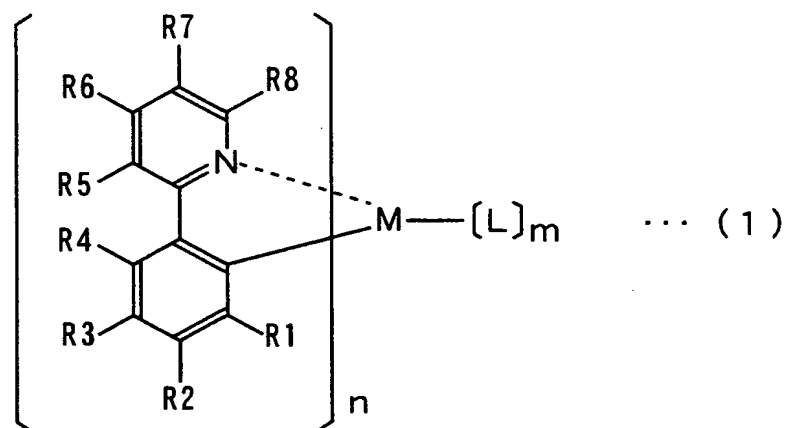
【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子用化合物およびそれを用いた有機発光素子

【特許請求の範囲】

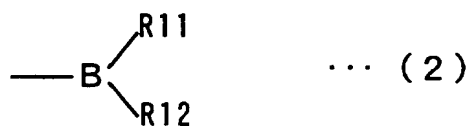
【請求項 1】 下記式 (1) で表される分子構造を有し、式 (1) 中の R 1 ～R 8 のうち少なくとも 1 つはホウ素含有置換基であり、その他は水素原子または置換基であり、L は配位子であり、M は金属であり、m は 0 ～ 4 の整数を表し、n は 1 ～ 3 の整数を表すことを特徴とする発光素子用化合物。

【化 1】



【請求項 2】 前記ホウ素含有置換基は、下記式 (2) で表され、式 (2) 中の R 1 1 および R 1 2 は互いに同一または異なり、水素原子または置換基であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子用化合物。

【化 2】



【請求項 3】 前記 R 1 1 および R 1 2 はメシチル基であることを特徴とする請求項 2 記載の発光素子用化合物。

【請求項 4】 前記 L は、ハロゲン配位子、カルボン酸配位子、イミン配位子、含窒素ヘテロ環配位子、ジケトン配位子、リン配位子、イソシアニド配位子、オルトカルボメタル化配位子、ヘキサフルオロリンホスフィン配位子、シクロペンタジエニル配位子および一酸化炭素配位子よりなる群から選択された配位子

であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の発光素子用化合物。

【請求項 5】 前記 L は、ピコリン酸配位子、サリチル酸配位子、サリチルイミン配位子、アセチルアセトン配位子およびオルトカルボメタル化配位子よりなる群から選択された配位子であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の発光素子用化合物。

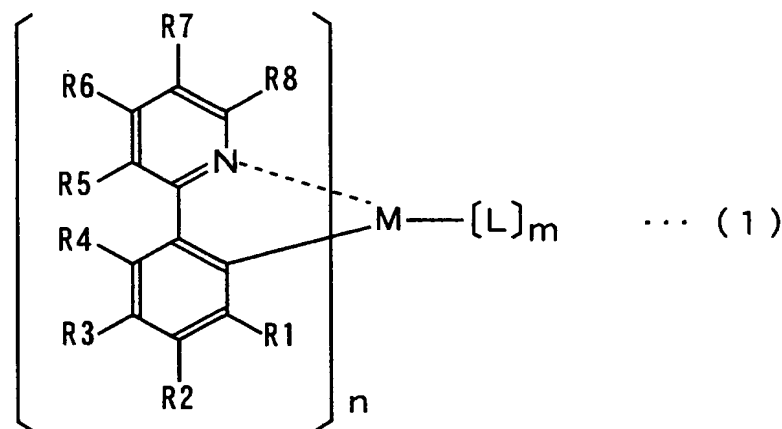
【請求項 6】 前記 M は、イリジウム、白金、パラジウム、ロジウムおよびレニウムよりなる群から選択された金属であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の発光素子用化合物。

【請求項 7】 前記 R 1 および R 3～R 8 は水素原子であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の発光素子用化合物。

【請求項 8】 ホール注入電極と電子注入電極との間にキャリア輸送層および発光層を含む有機発光素子であって、

キャリア輸送層および発光層のうち少なくとも一方は、下記式 (1) で表される分子構造を有する有機化合物を含み、式 (1) 中の R 1～R 8 のうち少なくとも 1 つはホウ素含有置換基であり、その他は水素原子または置換基であり、L は配位子であり、M は金属であり、m は 0～4 の整数を表し、n は 1～3 の整数を表すことを特徴とする有機発光素子。

【化 3】



【請求項 9】 前記発光層は、ホスト材料および前記式 (1) で表される前記有機化合物を含み、

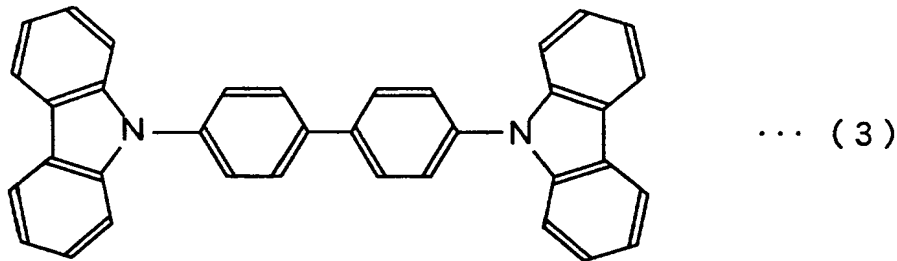
前記有機化合物の含有量は、前記前記ホスト材料に対して 0.1 重量%以上 3

0 重量%以下であることを特徴とする請求項 8 記載の有機発光素子。

【請求項 10】 前記ホスト材料は、

下記式 (3) の分子構造を有する 4, 4' - N, N' - ジカルバゾール - 1, 1' - ビフェニルであることを特徴とする請求項 9 記載の有機発光素子。

【化 4】



【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光素子用化合物およびそれを用いた有機発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

有機エレクトロルミネッセンス（以下、ELと略記する）素子は、新しい自己発光型素子として、期待されている。有機EL素子は、ホール注入電極と電子注入電極との間に、キャリア輸送層（電子輸送層またはホール輸送層）と発光層とが形成された積層構造を有している。上記ホール注入電極としては、金（Au）またはインジウムスズ酸化物（ITO）のような仕事関数の大きな電極材料を用い、上記電子注入電極としては、マグネシウム（Mg）、リチウム（Li）のような仕事関数の小さな電極材料が用いられる。

【0003】

またホール輸送層、発光層および電子輸送層には有機材料が用いられる。ホール輸送層には p 型半導体の性質を有する材料が用いられ、電子輸送層には n 型半導体の性質を有する材料が用いられる。発光層も電子輸送性またはホール輸送性のようなキャリア輸送性を有するとともに、蛍光またはりん光を発する有機材料により構成される。



## 【0004】

ホール注入電極、ホール輸送層、発光層、電子輸送層および電子注入電極はこの順に積層され、素子が形成される。なお、用いる有機材料によって、ホール輸送層、電子輸送層および発光層の各機能層が複数の層により構成されたり、または省略されたりする。

## 【0005】

例えば、ホール注入電極と電子注入電極との間に発光層および電子輸送層の2層の有機層しか存在しない素子構造、ホール輸送層および発光層の2層の有機層しか存在しない素子構造ならびにホール注入層、ホール輸送層および発光層の3層の有機層しか存在しない素子構造等が挙げられる。このような素子構造は、各種有機層に用いられる材料の性質に応じて調整することができる。

## 【0006】

有機EL素子は、発光層を構成する有機材料を選択することにより、青色から赤色までの可視光を得ることができる。したがって、光の3原色(RGB)である赤色、緑色および青色の各単光色を発する有機EL素子を用いることにより、フルカラー表示を実現することができる。

## 【0007】

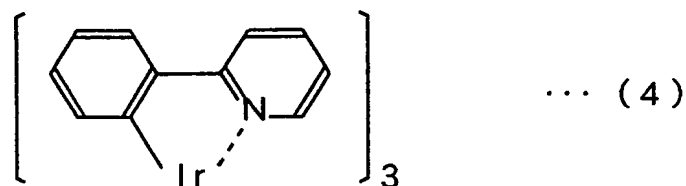
ところで、有機EL素子により得られる赤色光、緑色光および青色光の中で安定な色は緑色光および青色光である。

## 【0008】

例えば、M. A. Baldoらは、イリジウム化合物であるイリジウム(III)トリス(2-フェニルピリジナト)-N, C<sup>2</sup>(以下Ir(ppy)<sub>3</sub>と略記する)を発光材料として用いることにより、高効率の発光特性が達成されたことを報告している(非特許文献1参照)。下記式(4)にIr(ppy)<sub>3</sub>の分子構造を示す。

## 【0009】

## 【化5】



## 【0010】

式(4)に示すように、Ir(ppy)<sub>3</sub>はフェニルピリジンとイリジウム金属との錯体であり、緑色に発光する。

## 【0011】

これに対し、橙色～赤色の光は、高輝度かつ発光効率の高い光を得ることが困難である。これは、橙色～赤色の蛍光またはりん光を効率よく発する固体の有機材料が存在しないためである。

## 【0012】

## 【非特許文献1】

M.A.Baldo et al., Applied Physics Letters, Vol. 75, No. 1, p4, (1999)

## 【非特許文献2】

S.Lamansky et al., J. Am. Chem. Soc., 123, 4304-4312 (2001)

## 【0013】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記に対して、橙色～赤色の発光を効率よく得るために有機EL素子の発光波長をより長波長側へ移行させる方法が案出されている。

## 【0014】

例えば、発光材料を形成する錯体の配位子にエネルギーギャップの小さな複素環構造を用いる方法がある。この方法では、発光材料としてベンゾチオフェンまたはベンゾチアゾール等の誘導体を配位子としたイリジウム錯体を用いた例が報告されている(非特許文献2参照)。このような発光材料によれば、発光極大波長を長波長側に移行することができる。

## 【0015】

しかしながら、その発光スペクトルは緑色に発光するIr(ppy)<sub>3</sub>の発光

スペクトルと比べて広がった形状となってしまう。これにより、色純度の良い発光色が得られず、可視領域外（近赤外領域）にまで発光が及んでしまう場合もある。

#### 【0016】

この他、発光材料を形成する錯体の配位子を縮合環構造にして $\pi$ 共役を広げ、エネルギーギャップを小さくする方法がある。この方法では、発光材料にベンゾキノリンまたはフェニルキノリン等の縮合多環化合物を配位子とした錯体を用いた例が報告されている（非特許文献2参照）。このような発光材料によれば、発光極大波長を長波長側に移行することができる。

#### 【0017】

しかしながら、この場合においても、その発光スペクトルは、緑色に発光するIr(pppy)<sub>3</sub>の発光スペクトルと比べて広がった形状となってしまう。その結果、色純度の高い光が得られない。

#### 【0018】

本発明の目的は、優れた色純度を得ることができるとともに、優れた発光効率を有する発光素子用化合物およびそれを用いた有機発光素子を提供することである。

#### 【0019】

##### 【課題を解決するための手段および発明の効果】

有機エレクトロルミネッセンス素子の発光極大波長を長波長側に移行させようとすると、発光スペクトルが広がった形状となる。発光スペクトルが広がった形状となると、色純度の良い発光色が得られず、可視領域外（近赤外領域）にまで発光が及んでしまう場合がある。そして、このように広がった発光スペクトルが、結果として発光効率が低くなる要因の1つになると考えられる。

#### 【0020】

本発明者は、緑色の発光材料であるIr(pppy)<sub>3</sub>について、配位子であるフェニルピリジンの基本骨格とし、これに他の置換基を直接導入した配位子を用いることにより、Ir(pppy)<sub>3</sub>の発光スペクトルの形状を保った状態で、発光極大波長を長波長側に移行させた発光素子用化合物（発光材料）を得ることが

できるのではないかと考えた。

# 【0021】

なお、メチル基等のアルキル基、アリール基、アルコキシ基またはハロゲン基等の置換基がフェニルピリジン上に置換された配位子を有する従来のイリジウム錯体においては、発光波長が緑色から長波長側に移行したものを得ることができていなかった。

# 【0022】

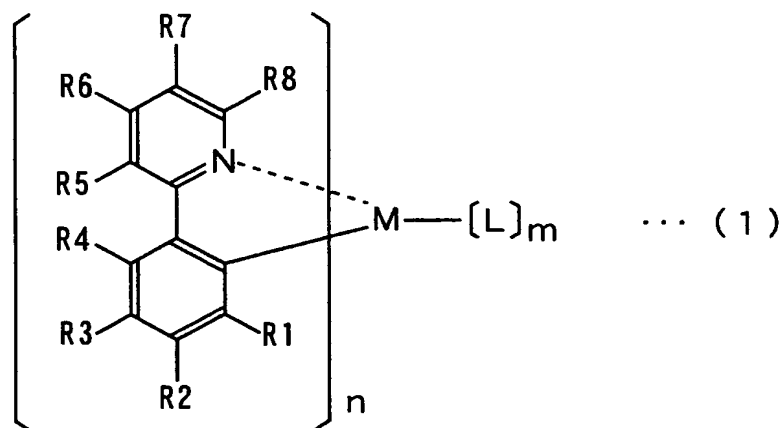
そこで、本発明者は種々の実験および考察を重ねた結果、以下の発明にかかる発光素子用化合物を案出するに至った。

# 【0023】

第1の発明に係る発光素子用化合物は、下記式(1)で表される分子構造を有し、式(1)中のR1～R8のうち少なくとも1つはホウ素含有置換基であり、その他は水素原子または置換基であり、Lは配位子であり、Mは金属であり、mは0～4の整数を表し、nは1～3の整数を表すものである。

# 【0024】

## 【化6】



# 【0025】

上記式(1)で表される発光素子用化合物においては、ホウ素含有置換基は、下記式(2)で表され、式(2)中のR11およびR12は互いに同一または異なり、水素原子または置換基であってもよい。

# 【0026】

## 【化7】



## 【0027】

上記式(2)で表されるホウ素含有置換基においては、R11およびR12はメシチル基であってもよい。

## 【0028】

上記式(1)で表される発光素子用化合物においては、Lは、ハロゲン配位子、カルボン酸配位子、イミン配位子、含窒素ヘテロ環配位子、ジケトン配位子、リン配位子、イソシアニド配位子、オルトカルボメタル化配位子、ヘキサフルオロリンホスフィン配位子、シクロペンタジエニル配位子および一酸化炭素配位子よりなる群から選択された配位子であってもよい。

## 【0029】

上記式(1)で表される発光素子用化合物においては、Lは、ピコリン酸配位子、サリチル酸配位子、サリチルイミン配位子、アセチルアセトン配位子およびオルトカルボメタル化配位子よりなる群から選択された配位子であってもよい。

## 【0030】

上記式(1)で表される発光素子用化合物においては、Mは、イリジウム、白金、パラジウム、ロジウムおよびレニウムよりなる群から選択された金属であってもよい。

## 【0031】

上記式(1)で表される発光素子用化合物においては、R1およびR3～R8は水素原子であってもよい。

## 【0032】

以上の分子構造を有する発光素子用化合物においては、高効率な発光特性を有し、かつ比較的安定な金属錯体が用いられるとともに、金属錯体に用いられる配位子として、ホウ酸含有置換基が導入された配位子が用いられている。これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、優れた色純度を得るこ

とができる。また、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。

### 【0033】

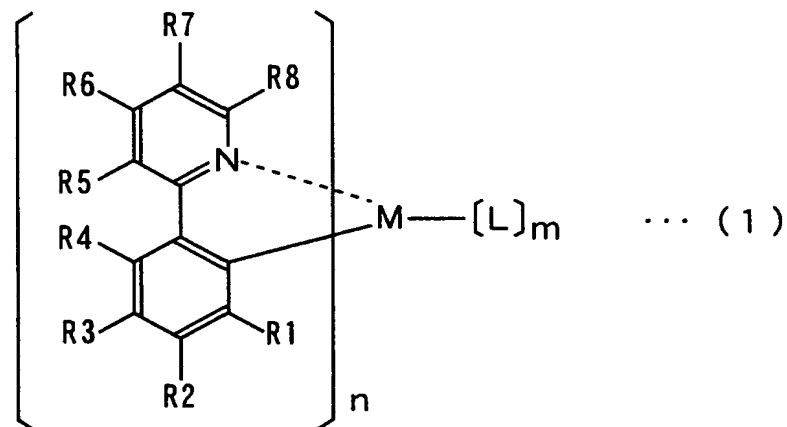
また、金属錯体に用いられる配位子にホウ素含有置換基が導入されているので、発光色が変化されることに加え、電子輸送能が向上される。これにより、優れた発光効率を有する。

### 【0034】

第2の発明に係る有機発光素子は、ホール注入電極と電子注入電極との間にキャリア輸送層および発光層を含む有機発光素子であって、キャリア輸送層および発光層のうち少なくとも一方は、下記式(1)で表される分子構造を有する有機化合物を含み、式(1)中のR1～R8のうち少なくとも1つはホウ素含有置換基であり、その他は水素原子または置換基であり、Lは配位子であり、Mは金属であり、mは0～4の整数を表し、nは1～3の整数を表すものである。

### 【0035】

#### 【化8】



### 【0036】

第2の発明に係る有機発光素子においては、上記式(1)の分子構造を有する発光素子用化合物が用いられている。この発光素子用化合物においては、高効率な発光特性を有し、かつ比較的安定な金属錯体が用いられるとともに、金属錯体に用いられる配位子として、ホウ酸含有置換基が導入された配位子が用いられている。これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、優れた

色純度を得ることができる。また、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。

【0037】

また、金属錯体に用いられる配位子にホウ素含有置換基が導入されているので、発光色が変化されることに加え、電子輸送能が向上される。これにより、優れた発光効率が得られる。

【0038】

このように、上記式(1)の分子構造を有する発光素子用化合物を有する有機発光素子によれば、優れた色純度を得ることができるとともに、優れた発光効率を得ることができる。

【0039】

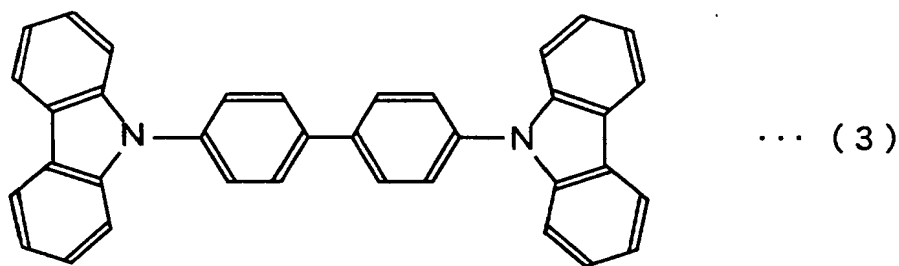
発光層は、ホスト材料および式(1)で表される有機化合物を含み、有機化合物の含有量は、ホスト材料に対して0.1重量%以上30重量%以下であってもよい。これにより、発光素子用化合物からの良好な発光が得られる。

【0040】

ホスト材料は、下記式(3)の分子構造を有する4,4'-N,N'-ジカルバゾール-1,1'-ビフェニルであってもよい。

【0041】

【化9】



【0042】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態に係る発光素子用化合物およびそれを用いた発光素子について説明する。なお、以下の説明において、発光素子は有機エレクトロルミネッセンス（以下、ELと略記する）素子である。

## 【0043】

(第1の実施の形態)

図1は、第1の実施の形態に係る有機EL素子の一例を示す模式的断面図である。第1の実施の形態に係る有機EL素子100は、基板1上にホール注入電極2（陽極）、有機化合物層10および電子注入電極8（陰極）が順に積層された積層構造を有する。有機化合物層10は、ホール注入層3、ホール輸送層4、発光層5、ホール阻止層6および電子注入層7からなる。

## 【0044】

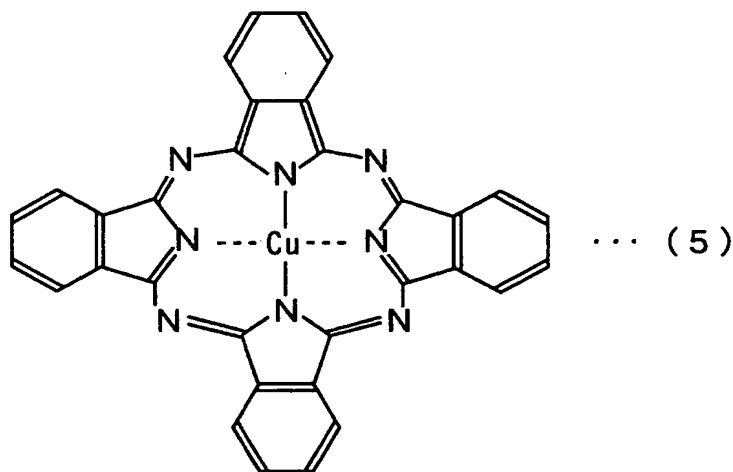
基板1は、ガラスまたはプラスチック等からなる透明基板である。ホール注入電極2は、インジウムスズ酸化物（以下、ITOと略記する）等の金属化合物、銀等の金属または合金からなる透明電極または半透明電極である。電子注入電極8は、マグネシウム－インジウム合金またはITO等の金属化合物、マグネシウム（Mg）またはリチウム（Li）等の金属または合金からなる透明電極、半透明電極または不透明電極である。

## 【0045】

有機化合物層10において、ホール注入層3は、例えば、下記式（5）で表される銅フタロシアニン（以下、CuPcと略記する）等の有機材料からなる。

## 【0046】

【化10】



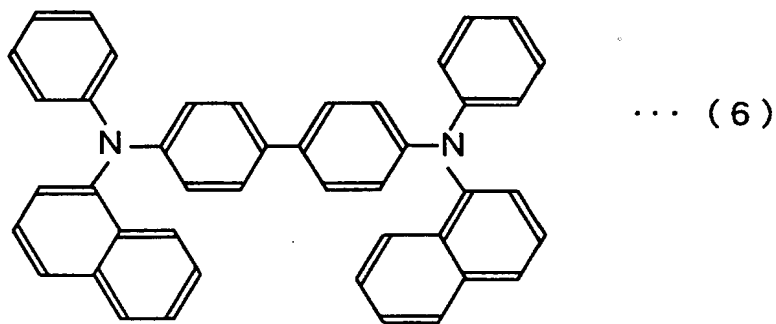
## 【0047】



ホール輸送層 4 は、例えば、下記式 (6) で表される N, N' - ジ (ナフタレン-1-イル) - N, N' - ジフェニルベンジジン (以下、NPB と略記する) 等の有機材料からなる。

【0048】

【化 1 1】



【0049】

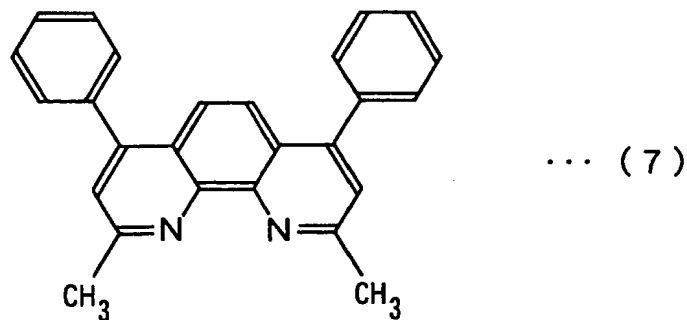
発光層 5 は、後述のホスト材料および発光ドーパントからなる。発光層 5 に用いられる各種有機材料の詳細については後述する。

【0050】

ホール阻止層 6 は、例えば、下記式 (7) で表される 2, 9 - ジメチル-4, 7 - ジフェニル-1, 10 - フェナントロリン (以下、BCP と略記する) または下記式 (8) で表される ((1, 1' - ビスフェニル) - 4 - オラト) (2 - メチル-8 - キノリノラト-N1, 08) アルミニウム等の有機材料からなる。

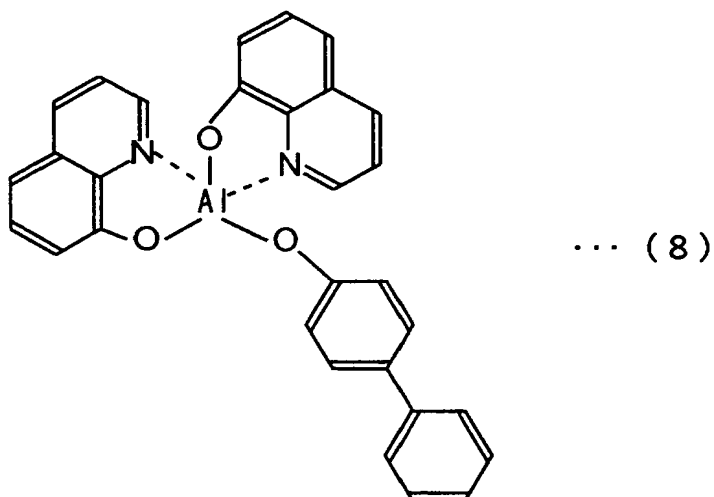
【0051】

【化 1 2】



【0052】

## 【化 13】

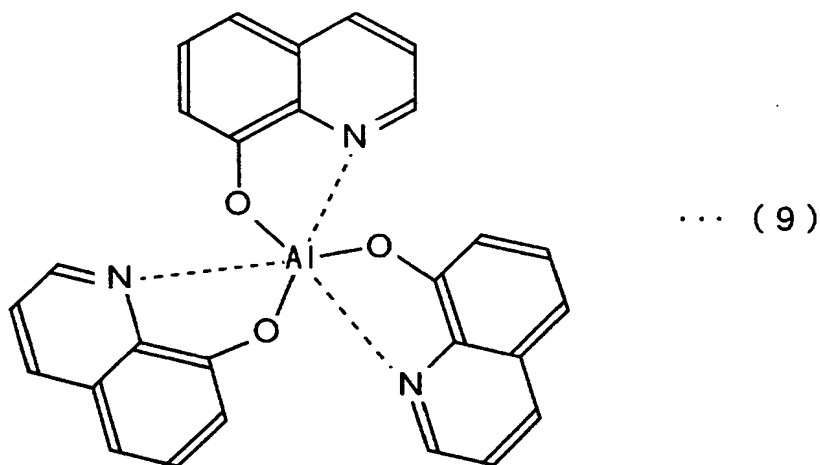


## 【0053】

電子注入層 7 は、例えば、下記式 (9) で表されるトリス (8-ヒドロキシキノリナト) アルミニウム (以下、Alq と略記する) 等の有機材料からなる。

## 【0054】

## 【化 14】



## 【0055】

有機 EL 素子 100 のホール注入電極 2 と電子注入電極 8 との間に駆動電圧が印加されると、発光層 5 が発光する。発光層 5 において発生された光は、ホール輸送層 4、ホール注入層 3、ホール注入電極 2 および基板 1 を介して外部に取り出される。このように発光層 5 において発生された光が、基板 1 を介して外部に

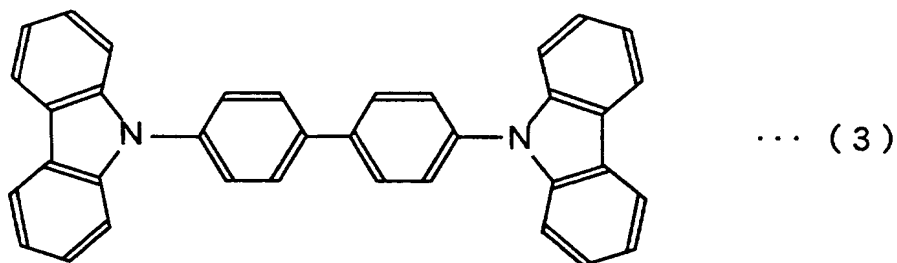
取り出される素子の構造をバックエミッション構造と呼ぶ。

【0056】

以下、発光層 5 に用いられる有機材料について説明する。発光層 5 のホスト材料には、例えば、下記式 (3) で表される 4, 4'-ビス (カルバゾール-9-イル) -ビフェニル (以下、CBP と略記する) 等の有機材料が用いられる。

【0057】

【化 15】

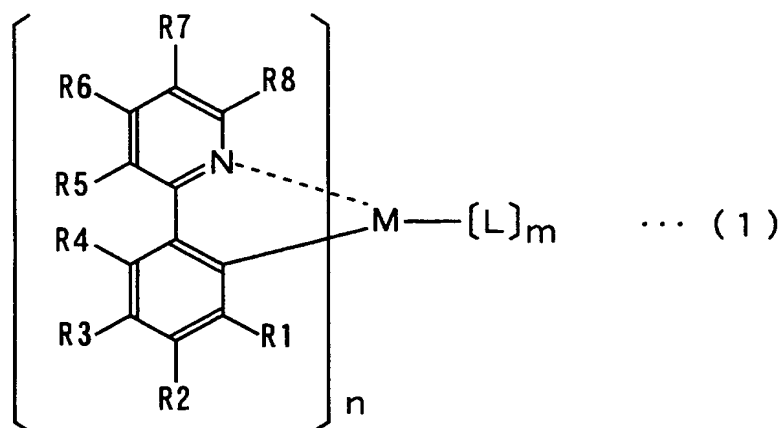


【0058】

一方、発光層 5 の発光ドーパントには、有機材料である発光素子用化合物が用いられる。この発光素子用化合物は下記式 (1) の分子構造を有する。

【0059】

【化 16】



【0060】

式 (1) 中の R1 ~ R8 のうちの少なくとも一つはホウ素含有置換基である。また、その他は水素原子または非置換または置換されたアルキル基 (炭素数 1 ~ 20)、アルケニル基 (炭素数 2 ~ 25)、アルキニル基、アルコキシ基、アリ

ール基、アラルキル基、アリールオキシ基、アリールチオ基、ヘテロ環基、アミノ基、アシル基、アルコキシカルボニル基、アリールオキシカルボニル基、アシルオキシ基、アシルアミノ基、ヒドロキシル基、イミノ基、シアノ基、ニトロ基、ハロゲン基、スルホニル基もしくはシリル基のうちのいずれかである。

#### 【0061】

R1～R8で表されるアルキル基としては、炭素配列が直鎖状のもの他に、分鎖状および環状のものが含まれる。このようなアルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、n-ブチル基、t-ブチル基、シクロヘキシル基、シクロペンチル基、n-オクタデシル基またはn-ドデシル基等が挙げられる。また、R1～R8に表されるアルキル基の中では、炭素数1～10の直鎖状のもの、シクロヘキシル基またはt-ブチル基が好ましい。

#### 【0062】

R1～R8で表されるアルケニル基としては、少なくとも置換基の一つにフェニル基を有するフェニルアルケニル基、ジフェニルアルケニル基またはトリフェニルアルケニル基等が好ましい。アルケニル基は非置換のものであってもよい。

#### 【0063】

R1～R8で表されるアリール基としては、単環または多環のいずれでもよく、縮合環または環集合も含まれる。アリール基の総炭素数は6～30のものが好ましく、さらに置換基を有していてもよい。このようなアリール基としては、例えば、フェニル基、(o-, m-, p-)トリル基、(o-, m-, p-)ビフェニル基、(o-, m-, p-)N-置換アニリノ基、フルオリル基、ターフェニル基、(1-, および2-)ナフチル基、アントリル基、ピレニル基、ペリレン基およびフェナントリル基等が挙げられる。

#### 【0064】

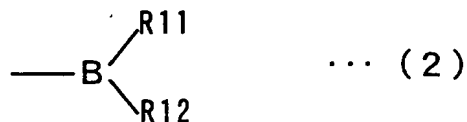
R1～R8で表されるアシル基としては、例えばアセチル基、ベンゾイル基、ピバロイル基およびホルミル基等が挙げられる。

#### 【0065】

上記ホウ素含有置換基は、下記式(2)の分子構造を有する。

#### 【0066】

## 【化17】



## 【0067】

式(2)中のR11およびR12は、それぞれ水素原子または置換基である。置換基としては、例えば、非置換または置換されたアルキル基、アルケニル基、アルキニル基、アルコキシ基、アリール基、環数が2～4個の縮合環基、ヘテロ環基またはアリールオキシ基等が挙げられる。また、R11およびR12は互いに結合して環を形成してもよい。

## 【0068】

なお、R11およびR12は、ともに炭素数3～10の分鎖状のアルキル基あるいはアルキル基で置換されたアリール基であることが好ましく、イソプロピル基、*t*-ブチル基、フェネチル基、テキシル基、(o-, m-, p-)トリル基、メシチル基、トリピル基またはアントラニル基であることがさらに好ましい。

## 【0069】

式(1)中のLは配位子である。配位子は、単座配位子に限られず、二座配位子等の多座配位子であってもよい。また、金属錯体を形成し得るものであれば特に限定されない。

## 【0070】

上記配位子には、例えば、塩素配位子等のハロゲン配位子、ピコリン酸配位子もしくはサリチル酸配位子等のカルボン酸配位子、N-置換サリチルイミン配位子等のイミン配位子、ビピリジル配位子もしくはフェナントロリン配位子等の含窒素ヘテロ環配位子、アセチルアセトン配位子、ジベンゾイルメタン配位子もしくはマロニル酸エチル配位子等のジケトン配位子、トリフェニルホスフィン配位子、トリブチルホスフィン配位子もしくはトリメチルホスファイト配位子等のリン配位子、*t*-ブチルイソシアニド配位子等のイソシアニド配位子、フェニルピリジン配位子等のオルトカルボメタル化配位子、ヘキサフルオロリンホスフィン(PF<sub>6</sub>)配位子、シクロペンタジエニル配位子もしくは一酸化炭素配位子等が

挙げられる。

#### 【0071】

なお、式(1)中のLに表される配位子は、ジケトン配位子またはカルボン酸配位子であることが好ましい。また、ジケトン配位子の中でもアセチルアセトン配位子であることがより好ましく、カルボン酸配位子の中でもピコリン酸配位子であることがより好ましい。

#### 【0072】

式(1)中のLに示される配位子が複数存在する場合、配位子の種類に限定は無く、1種類または2種類以上であってもよい。しかしながら、配位子の種類は1種類であることが好ましい。

#### 【0073】

式(1)中のMはイリジウム(Ir)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)およびレニウム(Re)のうちいずれかの金属である。これら金属のうち、Mはイリジウム、白金またはレニウムであることが好ましく、この中でもイリジウムであることがさらに好ましい。

#### 【0074】

上記金属の価数は、特に限定されない。しかしながら、Mがイリジウム、ロジウムおよびレニウムのいずれかである場合は3価であることが好ましく、Mが白金またはパラジウムの場合は2価であることが好ましい。式(1)中のmは0～4の整数を表し、nは1～3の整数を表す。

#### 【0075】

以上のような分子構造を有する式(1)の発光素子用化合物(金属配位化合物)は中性錯体でもよく、対塩を有するイオン性錯体でもよいが、中性錯体であることがより好ましい。

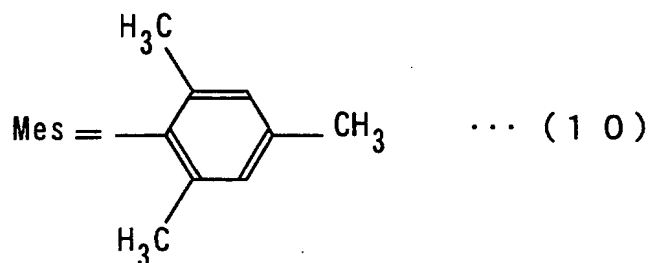
#### 【0076】

本実施の形態に係る発光素子用化合物は、例えば次のように生成する。図2は、第1の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。図2において示される符号Me sはメシチル基であり、メシチル基は下記式(10)で表される。以下の説明において、式(11)、(12)、(14)に

示される符号Mesはいずれも下記式(10)で表されるメシチル基である。

【0077】

【化18】

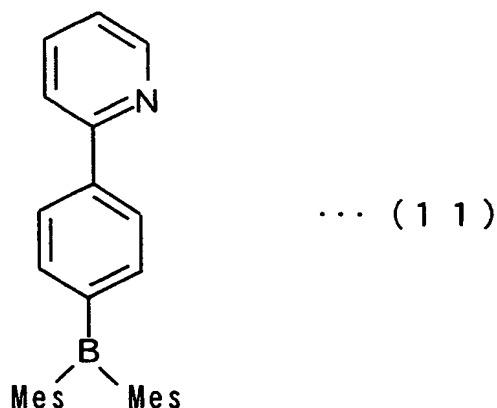


【0078】

環流管を備えた三つ口フラスコ内において、下記式(11)で表される2-[4-(ジメシチルボリル)フェニル]ピリジンKA1、三塩化イリジウム(III)n水和物(IrCl<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O)、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および水(water)を混合する。そして、窒素雰囲気中の還流下で24時間攪拌する。これにより得られる反応物を室温まで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールで洗浄して減圧乾燥することにより下記式(12)で表される化合物TU1の黄色粉末を得る。

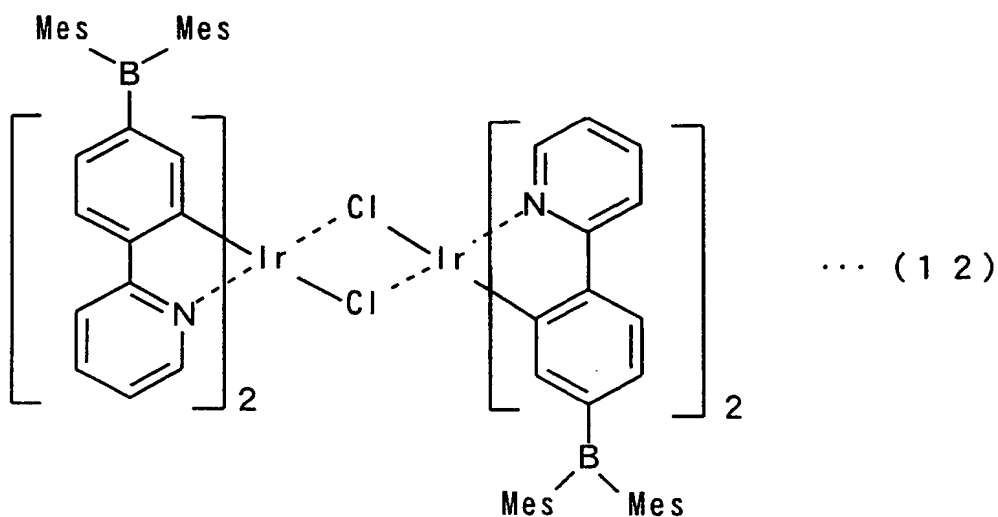
【0079】

【化19】



【0080】

【化 20】

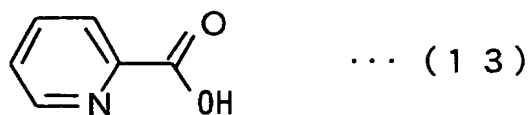


【0081】

続いて、環流管を備えた三つ口フラスコ内において、化合物TU1、下記式(13)で表されるピコリン酸KA2、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )を混合する。そして、窒素雰囲気中の還流下で15時間攪拌する。これにより得られる反応物を室温まで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールで洗浄して減圧乾燥し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒:ジクロロメタン)により精製して下記式(14)で表される発光素子用化合物HD1の黄色粉末を得る。

【0082】

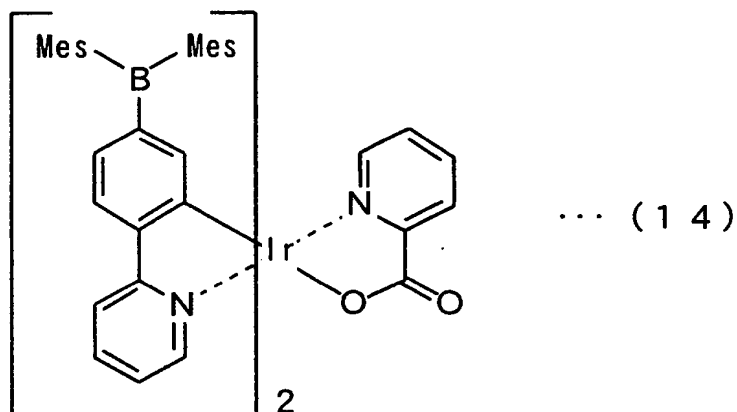
【化 21】



【0083】



【化 2 2】



【0084】

本実施の形態に用いられる発光素子用化合物HD1には、高効率な発光特性を有しており比較的安定なイリジウム錯体等の金属錯体が用いられるとともに、金属錯体に用いられる配位子として、ホウ酸含有置換基が導入されたフェニルピリジンを基本骨格とする配位子が用いられている。

【0085】

これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。発光素子用化合物HD1によれば、橙色～赤色発光を得ることができる。

【0086】

ところで、ホウ素は、炭素よりも電子が一つ少ないために空のp軌道を有している。例えば、中條らは、「J. Am. Chem. Soc., 1998, 120, 10776 等」において、ホウ素原子を $\pi$ 共役系に導入すると、空のp軌道を介して $\pi$ 共役系が拡張されることを報告している。

【0087】

また、ホウ素は、電子不足原子であるために電子に対する親和性を有している。例えば、城田らは、「J. Am. Chem. Soc., 2000, 122, 11021. 等」において、ホウ素原子を導入することにより材料の電子輸送能を向上させることができることを報告している。

【0088】

これらの報告から、本実施の形態に係る発光素子用化合物はホウ素含有置換基が導入されているので、発光色を変化させることに加え、電子輸送能が向上される。それにより、発光素子自体の低電圧化および高効率化が実現されている。

#### 【0089】

このように、本実施の形態に係る有機EL素子100によれば、優れた色純度を得ることができるとともに、優れた発光効率を得ることができる。

#### 【0090】

(第2の実施の形態)

第2の実施の形態に係る有機EL素子は、以下の点を除き第1の実施の形態に係る有機EL素子と同様の構成を有する。

#### 【0091】

本実施の形態において、発光層5に用いられる発光素子用化合物は、例えば次のように生成する。図3は、第2の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。図3において、符号Me sは上記式(10)で表されるメシチル基である。なお、以下の説明において、式(16)に示される符号Me sは上記式(10)で表されるメシチル基である。

#### 【0092】

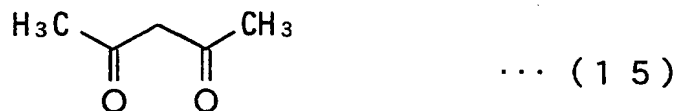
第2の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成には、第1の実施の形態において生成される化合物TU1が用いられる。化合物TU1の生成は第1の実施の形態と同様の手順で行われる。

#### 【0093】

環流管を備えた三つ口フラスコ内において、化合物TU1、下記式(15)で表されるアセチルアセトンKA3、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )を混合する。そして、窒素雰囲気中の還流下で15時間攪拌する。これにより得られる反応物を室温にまで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールで洗浄して減圧乾燥し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒:ジクロロメタン)により精製して下記式(16)で表される発光素子用化合物HD2の黄色粉末を得る。

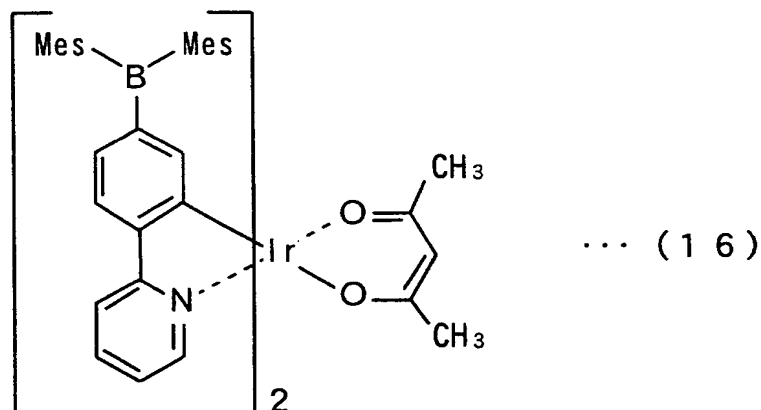
#### 【0094】

## 【化 23】



## 【0095】

## 【化 24】



## 【0096】

本実施の形態に用いられる発光素子用化合物HD2には、ホウ酸含有置換基が導入された配位子が用いられている。これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。発光素子用化合物HD2によれば、橙色～赤色発光を得ることができる。

## 【0097】

また、ホウ素含有基が導入されているので、発光色を変化させることに加え、電子輸送能が向上される。それにより、発光素子自体の低電圧化および高効率化が実現されている。

## 【0098】

(第3の実施の形態)

第3の実施の形態に係る有機EL素子は、以下の点を除き第1の実施の形態に係る有機EL素子と同様の構成を有する。

## 【0099】

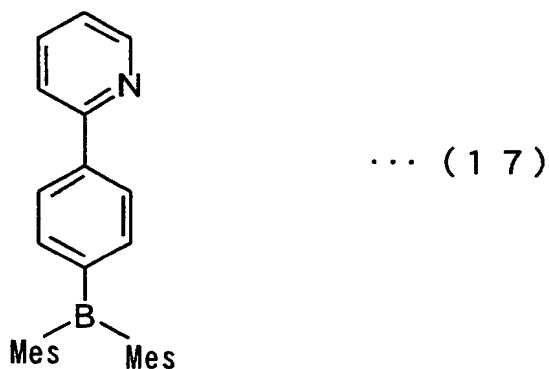
本実施の形態において、発光層 5 に用いられる発光素子用化合物は、例えば次のように生成する。図 4 は、第 3 の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。図 4 において、符号 Mes は上記式 (10) で表されるメシチル基である。なお、以下の説明において、式 (17), (18) に示される符号 Mes は上記式 (10) で表されるメシチル基である。

#### 【0100】

環流管を備えた三つ口フラスコ内において、グリセリンを 140℃～150℃ に熱して 1 時間 N<sub>2</sub> バブリングを行った後、室温まで冷却する。その後、グリセリンに下記式 (17) で表される 2-[(4-(ジメシチルボリル)フェニル)ピリジン K A 4 およびイリジウム (III) アセチルアセトネート (Ir(acac)<sub>3</sub>) を加える。そして、窒素雰囲気中の還流下で 5 時間攪拌する。これにより得られる反応物を室温にまで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とメタノールで洗浄して減圧乾燥し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー (展開溶媒: ジクロロメタン) により精製して下記式 (18) で表される発光素子用化合物 HD 3 の黄橙色粉末を得る。

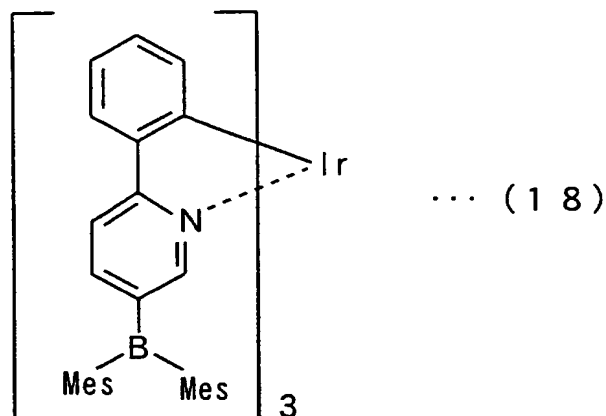
#### 【0101】

##### 【化 25】



#### 【0102】

## 【化 26】



## 【0103】

本実施の形態に用いられる発光素子用化合物HD3には、ホウ酸含有置換基が導入された配位子が用いられている。これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。発光素子用化合物HD3によれば、橙色～赤色発光を得ることができる。

## 【0104】

また、ホウ素含有基が導入されているので、発光色を変化させることに加え、電子輸送能が向上される。それにより、発光素子自体の低電圧化および高効率化が実現されている。

## 【0105】

(第4の実施の形態)

第4の実施の形態に係る有機EL素子は、以下の点を除き第1の実施の形態に係る有機EL素子と同様の構成を有する。

## 【0106】

本実施の形態において、発光層5に用いられる発光素子用化合物は、例えば次のように生成する。図5は、第4の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。図5において、符号Mesは上記式(10)で表されるメシチル基である。なお、以下の説明において、式(19)、(20)、(21)に示される符号Mesは上記式(10)で表されるメシチル基である。

## 【0107】

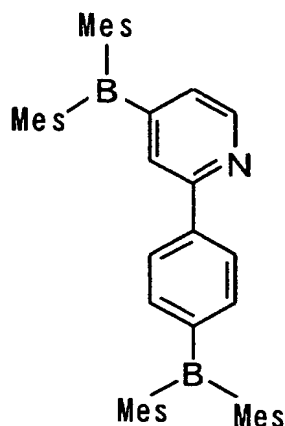
環流管を備えた三つ口フラスコ内において、下記式(19)で表される4-(ジメシチルボリル)-2-[(4-(ジメシチルボリル)フェニル)ピリジンK A 5、三塩化イリジウム(III) n水和物( $\text{IrCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および水(water)を混合する。これにより得られる混合物を窒素雰囲気中の還流下で20時間攪拌する。それにより得られる反応物を室温にまで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールとで洗浄して減圧乾燥し、下記式(20)で表される化合物TU2の黄色粉末を得る。

## 【0108】

続いて、環流管を備えた三つ口フラスコ内において、化合物TU2、上記式(13)で表されるピコリン酸KA2、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )を混合する。これにより得られる混合物を窒素雰囲気中の還流下で12時間攪拌する。それにより得られる反応物を室温にまで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールとで洗浄して減圧乾燥し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒: ジクロロメタン)で精製することにより下記式(21)で表される発光素子用化合物HD4の黄橙色粉末を得る。

## 【0109】

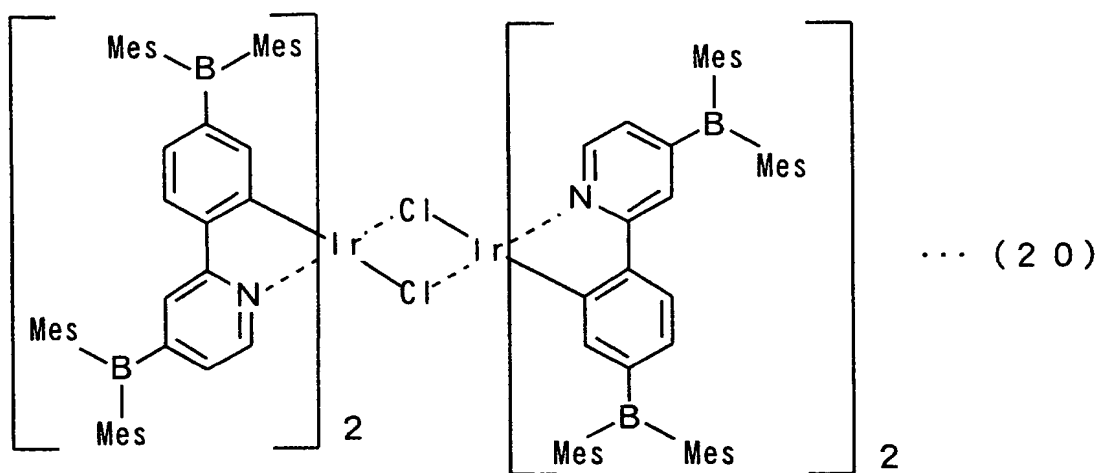
## 【化27】



... (19)

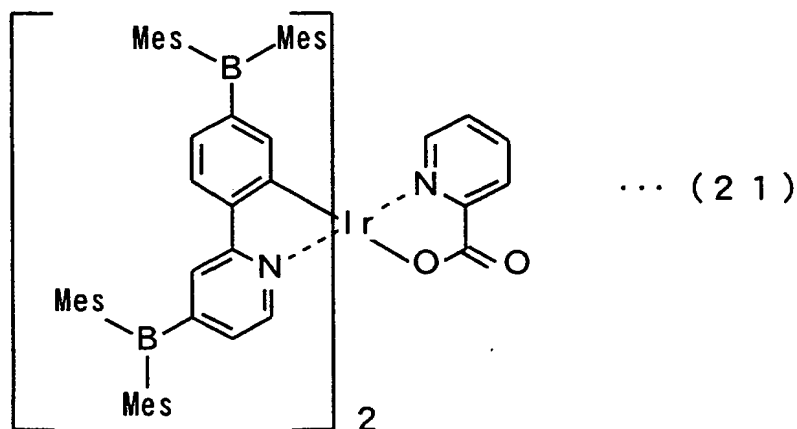
## 【0110】

## 【化28】



## 【0111】

## 【化29】



## 【0112】

本実施の形態に用いられる発光素子用化合物HD4には、ホウ酸含有置換基が導入された配位子が用いられている。これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。発光素子用化合物HD4によれば、橙色～赤色発光を得ることができる。

## 【0113】

また、ホウ素含有基が導入されているので、発光色を変化させることに加え、電子輸送能が向上される。それにより、発光素子自体の低電圧化および高効率化

が実現されている。

#### 【0114】

(第5の実施の形態)

第5の実施の形態に係る有機EL素子は、以下の点を除き第1の実施の形態に係る有機EL素子と同様の構成を有する。

#### 【0115】

本実施の形態において、発光層5に用いられる発光素子用化合物は、例えば次のように生成する。図6は、第5の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。図6において、符号Me sは上記式(10)に表されるメシチル基である。なお、以下の説明において、式(22), (23), (24)に示される符号Me sは上記式(10)で表されるメシチル基である。

#### 【0116】

環流管を備えた三つ口フラスコ内において、下記式(22)で表される4-(ジメシチルボリル)-2-[4-(N, N'-ジフェニルアミノ)フェニル]ピリジンKA6、三塩化イリジウム(I I I) n水和物(I r C l<sub>3</sub> · n H<sub>2</sub>O)、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および水(water)を混合する。これにより得られる混合物を窒素雰囲気中の還流下で24時間攪拌する。これにより得られる反応物を室温にまで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールとで洗浄して減圧乾燥し、下記式(23)で表される化合物TU3の黄色粉末を得る。

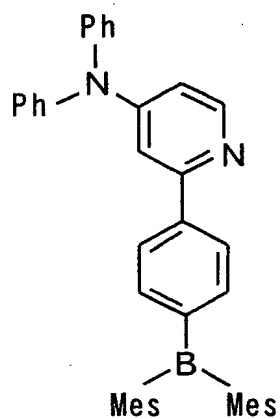
#### 【0117】

続いて、環流管を備えた三つ口フラスコ内において、化合物TU3、上記式(15)で表されるアセチルアセトンKA3、2-エトキシエタノール(2-ethoxyethanol)および炭酸ナトリウム(N a<sub>2</sub>C O<sub>3</sub>)を混合する。これにより得られる混合物を窒素雰囲気中の還流下で15時間攪拌する。これにより得られる反応物を室温にまで冷却した後、析出する固体を濾取する。濾取した固体を水とエタノールとで洗浄して減圧乾燥し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒:ジクロロメタン)で精製することにより下記式(24)で表される発光素子用化合物HD5の黄橙色粉末を得る。



【0118】

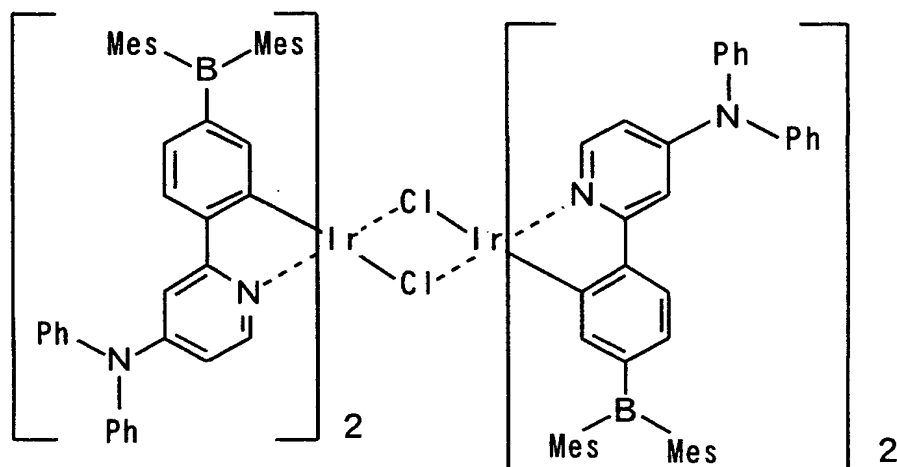
【化30】



... (22)

【0119】

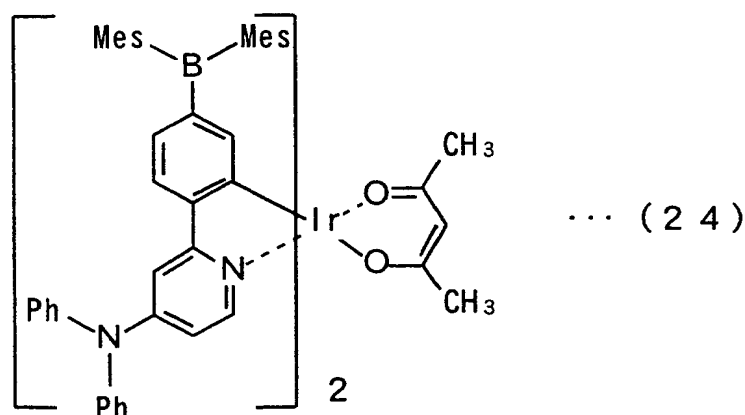
【化31】



... (23)

【0120】

## 【化 3 2】



## 【0121】

本実施の形態に用いられる発光素子用化合物HD5には、ホウ酸含有置換基が導入された配位子が用いられている。これにより、発光スペクトルが広範囲にわたって広がることなく、発光極大波長が長波長側に移行された発光を得ることができる。発光素子用化合物HD5によれば、橙色～赤色発光を得ることができる。

## 【0122】

また、ホウ素含有基が導入されているので、発光色を変化させることに加え、電子輸送能が向上される。それにより、発光素子自体の低電圧化および高効率化が実現されている。

## 【0123】

第1～第5の実施の形態において、発光層5に添加される発光素子用化合物（発光ドーパント）の量は所定の範囲内であることが望ましい。発光層5に発光ドーパントが過剰に添加されると、発光強度の低下および発光効率の低下等が引き起こされる場合があるからである。

## 【0124】

具体的には、発光層5に添加される発光素子用化合物の量は、発光層5に対し0.1重量%以上30重量%とすることが好ましい。これにより、発光素子用化合物による良好な発光が得られる。

## 【0125】

有機EL素子は、電子注入電極8を透明電極または半透明電極とすることにより、発光層5において発生された光をホール阻止層6、電子注入層7および電子注入電極8を介して取り出すトップエミッション構造を有してもよい。

#### 【0126】

発光層5は、異なる発光色を発生する2層の発光層により形成されてもよい。例えば、2層の発光層のうち一方に第1～第5の実施の形態に用いられる橙色～赤色発光を得ることが可能な発光素子用化合物を添加し、他方に青色発光を得ることが可能な発光素子用化合物を添加することで、白色発光を得ることができる。この場合、白色発光を得ることが可能な有機EL素子に赤色、緑色および青色のフィルタを設けることで光の3原色の表示（RGB表示）が可能となり、フルカラー表示が実現する。

#### 【0127】

第1～第5の実施の形態により作製される橙色～赤色発光を得ることが可能な有機EL素子を緑色発光を得ることが可能な有機EL素子および青色発光を得ることが可能な有機EL素子とともに用いてもよい。この場合、第1～第5の実施の形態により作製される有機EL素子を赤色に発光する画素（R画素）として用い、緑色に発光する有機EL素子を緑色に発光する画素（G画素）として用い、青色に発光する有機EL素子を青色に発光する画素（B画素）として用いることにより光の3原色の表示（RGB表示）が可能となり、フルカラー表示が実現する。

#### 【0128】

第1～第5の実施の形態に係る有機EL素子においては、有機EL素子100が有機発光素子に相当し、ホール注入電極2がホール注入電極に相当し、電子注入電極8が電子注入電極に相当し、ホール注入層3、ホール輸送層4、ホール阻止層6および電子注入層7がキャリア輸送層に相当し、発光層5が発光層に相当する。

#### 【0129】

（第6の実施の形態）

第6の実施の形態に係る有機EL素子は、発光層5がホスト材料、発光ドーパ

ントおよび補助ドーパントからなる点を除き第1の実施の形態に係る有機EL素子と同様の構成を有する。

### 【0130】

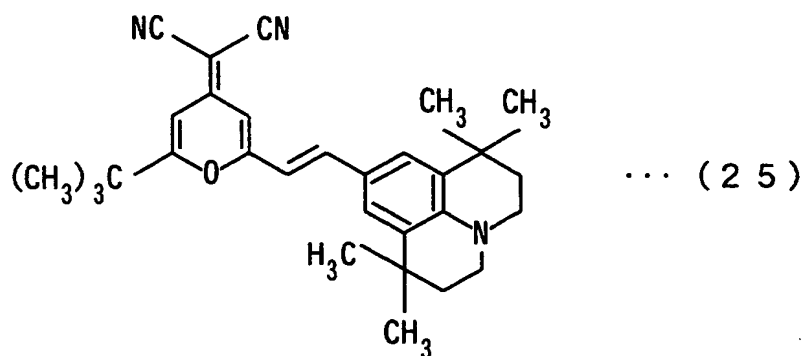
発光層5の母材を形成するホスト材料には、例えば、上記式(3)で表されるCBP等の有機化合物が用いられる。

### 【0131】

発光ドーパントとしては、赤色の光を発生する有機材料が望ましい。例えば、下記式(25)で表される(2-(1,1-ジメチルエチル)-6-(2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-1H-5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エチニル)-4H-ピラン-4-イルイデン)プロパンジニトリル(以下、DCJTBと略記する)等の一重項有機材料または下記式(26)で表されるビス(2-2'-ベンゾチエニル)-ピリジナト-N, C3イリジウム(アセチルアセトネート)(以下、btp2Ir(a s a s)と略記する)もしくは下記式(27)で表されるイリジウム(III)トリス(2-ナフタレン-1-イル-キノリナト)-N, C<sup>2</sup>(以下、Ir(Nap h q)<sub>3</sub>と略記する)等の三重項有機材料が挙げられる。

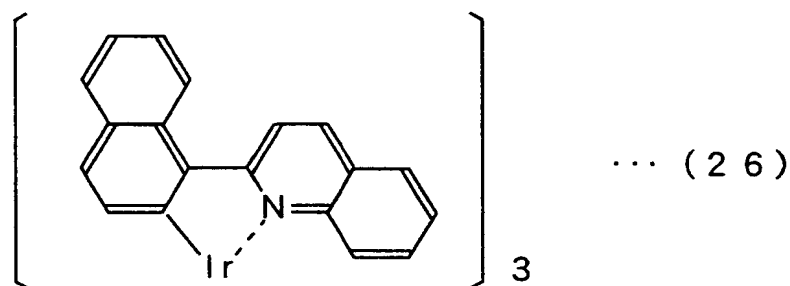
### 【0132】

#### 【化33】



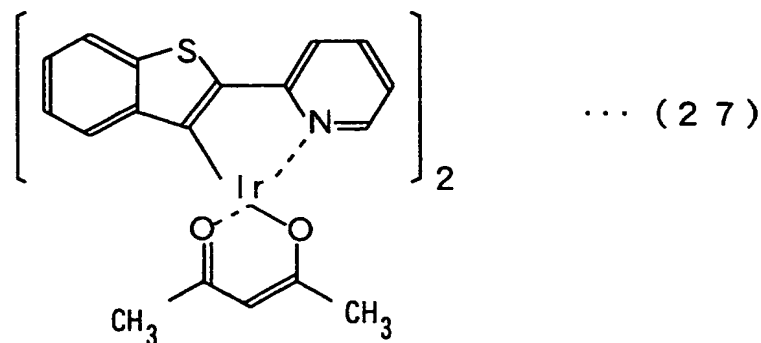
### 【0133】

## 【化 3 4】



## 【0134】

## 【化 3 5】



## 【0135】

ここで、一重項有機材料とは一重項励起エネルギーを発光に変換しうる有機材料をいい、三重項有機材料とは三重項励起エネルギーを発光に変換しうる有機材料をいう。

## 【0136】

補助ドーパントは、上記ホスト材料で励起されたエネルギーを発光ドーパントへ移動させるためのものである。本実施の形態では、このような補助ドーパントとして上記第1～第5の実施の形態に係る発光素子用化合物を用いる。なお、本実施の形態においては、発光ドーパントが赤色の光を発生する場合、上記の発光素子用化合物からなる補助ドーパントの発生する光は橙色～赤色であることが好ましい。

## 【0137】

ホスト材料の発光波長に比べて発光ドーパントの発光波長は長い。ホスト材料の発光波長と発光ドーパントの発光波長との間隔が短い場合、ホスト材料により

発生される励起エネルギーが有効に発光ドーパントへ移動される。

【0 1 3 8】

しかしながら、ホスト材料の発光波長と発光ドーパントの発光波長との間隔が長い場合、ホスト材料により発生される励起エネルギーが発光ドーパント側へ移動されることが困難となる。

【0 1 3 9】

そこで、ホスト材料の発光波長と発光ドーパントの発光波長との間に発光波長を有する補助ドーパントが添加されると、補助ドーパントによりホスト材料において発生される励起エネルギーが発光ドーパントへ橋渡しの移動される。これにより、発光ドーパントによる良好な発光が得られ、有機EL素子自体の発光効率も向上する。

【0 1 4 0】

以上のように、本実施の形態に係る有機EL素子は、発光素子用化合物を発光させない場合であっても、補助ドーパントに発光素子用化合物を用いることで発光ドーパントの発光強度および発光効率を向上させることができる。

【0 1 4 1】

(第7の実施の形態)

第7の実施の形態に係る有機EL素子は、ホール阻止層6に第1～第5の実施の形態に係る発光素子用化合物を用いる点を除き第1の実施の形態に係る有機EL素子と同様の構成を有する。

【0 1 4 2】

上述のように発光素子用化合物は電子輸送能を有する。このような発光素子用化合物をホール阻止層6に用いた場合、発光素子用化合物は電子を輸送するとともにホールの移動を阻止する。

【0 1 4 3】

一般に、ホール阻止層6は電子輸送能がない有機材料を用いる場合、電子を輸送させるために薄く形成される。しかしながら、本実施の形態におけるホール阻止層6は、電子輸送能を有する発光素子用化合物が用いられているので、厚く形成することができる。

## 【0144】

これにより、ホール阻止層 6 を厚く形成し、歩留まりの高い有機 EL 素子を作製することができる。それにより、信頼性の高い有機 EL 素子が作製される。

## 【0145】

また、ホール阻止層 6 を厚く形成できるので、精密な厚みの調整等を行う必要が無く、生産性が向上する。

## 【0146】

## 【実施例】

以下、本発明の実施の形態に基づいて実施例 1、比較例 1 および比較例 2 の有機 EL 素子を作製し、作製された有機 EL 素子に対して駆動電圧を印加することにより発光特性の測定を行った。

## 【0147】

## [実施例 1]

実施例 1 の有機 EL 素子は、上記第 1 の実施の形態と同様の構造を有する。実施例 1 の有機 EL 素子は、基板 1 としてガラス基板を用い、ホール注入電極 2 として ITO を用いた。また、ホール注入層 3 として CuPc (厚み 100 Å) を用い、ホール輸送層 4 として NPB (厚み 500 Å) を用い、発光層 5 として CBP および上記第 1 の実施の形態の発光素子用化合物 HD1 を用いた。発光層 5 の厚みは 250 Å であった。さらに、ホール阻止層 6 として BA1q (厚み 100 Å) を用い、電子注入層 7 として Alq (厚み 400 Å) を用い、電子注入電極 8 としてフッ化リチウムおよびアルミニウムからなる陰極電極 (厚み 2000 Å) を用いた。

## 【0148】

なお、発光層 5 において、CBP はホスト材料として用い、発光素子用化合物 HD1 は発光ドーパントとして用いた。発光素子用化合物 HD1 は発光層 5 に対し 6.5 重量%添加した。

## 【0149】

実施例 1 の有機 EL 素子は、次のよう作製した。

初めに、予めホール注入電極 2 (ITO) が形成された基板 1 (ガラス基板)

に対してイソプロピルアルコールによる5分間の超音波洗浄を2回行い、オゾンクリーナによる基板1およびホール注入電極2の表面の洗浄を行った。

#### 【0150】

その後、ホール注入電極2 (ITO) 上に、ホール注入層3 (CuPc)、ホール輸送層4 (NPB)、発光層5 (CBPおよび発光素子用化合物HD1)、ホール阻止層6 (BAIq)、電子注入層7 (Alq) および電子注入電極8 (フッ化リチウムおよびアルミニウム) をこれらの順に真空蒸着法により積層した。

#### 【0151】

有機EL素子を形成する各層の蒸着は、真空度  $1 \times 10^{-6}$  Torr、かつ温度制御をしない条件で行った。

#### 【0152】

ここで、発光層5に用いられる発光素子用化合物HD1の生成手順について説明する。発光素子用化合物HD1は第1の実施の形態と同様の手順により作製した。

#### 【0153】

環流管を備えた三つ口フラスコ内 (200 ml) において、上記式 (11) で表される 2-[4-(ジメシチルボリル)フェニル]ピリジンKA1: 3.22 g (8.00 mmol)、三塩化イリジウム(III) n水和物 ( $\text{IrCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ): 0.600 g (2.00 mmol)、2-エトキシエタノール (2-ethoxyethanol): 60 ml および水 (water): 20 ml を混合した。そして、窒素雰囲気中の還流下で24時間攪拌した。これにより得られる反応物を室温まで冷却した後、析出する固体を濾取した。濾取した固体を水とエタノールで洗浄して減圧乾燥することにより上記式 (12) で表される化合物TU1の黄色粉末 1.26 g (収率61%) を得た。

#### 【0154】

続いて、環流管を備えた三つ口フラスコ (200 ml) 内において、化合物TU1: 0.414 g (0.200 mmol)、下記式 (13) で表されるピコリン酸KA2: 0.061 g (0.513 mmol)、2-エトキシエタノール (



2-ethoxyethanol) : 20 ml および炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) : 0.25 g を混合した。そして、窒素雰囲気中の還流下で 15 時間攪拌した。これにより得られた反応物を室温まで冷却した後、析出する固体を濾取した。濾取した固体を水とエタノールで洗浄して減圧乾燥し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー (展開溶媒：ジクロロメタン) により精製して上記式 (14) で表される発光素子用化合物 HD1 の黄色粉末 0.301 g (収率 67%) を得た。以上が発光素子用化合物 HD1 の生成手順である。

#### 【0155】

このように作製された有機 EL 素子のホール注入電極 2 を正に、電子注入電極 8 を負にバイアスして、駆動電圧を印加し、発光特性の測定を行った。

#### 【0156】

この結果、発光極大波長が 580 nm の橙色発光を得ることができた。発光スペクトルの半値幅は 70 nm であった。

#### 【0157】

##### [比較例 1]

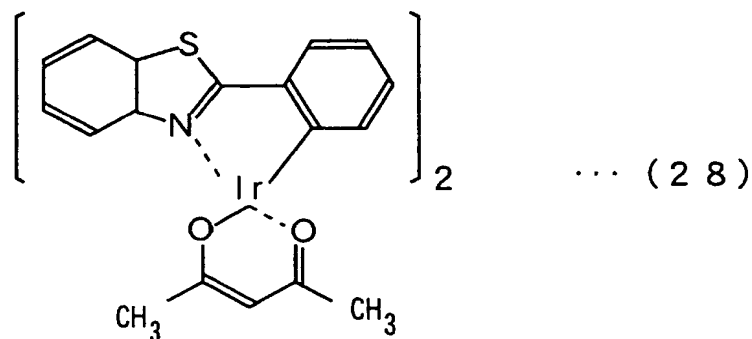
比較例 1 の有機 EL 素子は、実施例 1 の有機 EL 素子と、発光層 5 の発光ドーパントに用いられる発光素子用化合物が異なる点を除き同様の構成を有する。

#### 【0158】

比較例 1 の発光ドーパントには、下記式 (28) で表されるイリジウム ( $\text{Ir}$ ) ビス (2-フェニルベンゾチアゾラト) -N, C2'-アセチルアセトネート (以下、(bt)<sub>2</sub>Ir(acac) と略記する) (S. Lamansky, et al, J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 4304. に開示) を用いた。

#### 【0159】

## 【化 3 6】



## 【0160】

作製された有機EL素子のホール注入電極2を正に、電子注入電極8を負にバイアスして、駆動電圧を印加し、発光特性の測定を行った。

## 【0161】

この結果、発光極大波長が558 nmの橙色発光を得ることができた。発光スペクトルの半値幅は100 nmであった。

## 【0162】

## [比較例2]

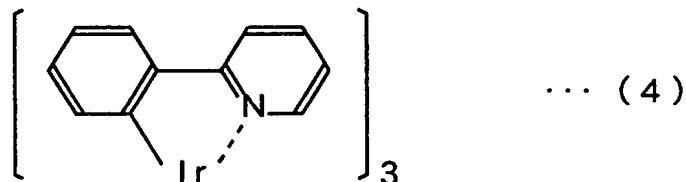
比較例2の有機EL素子は、実施例1の有機EL素子と、発光層5の発光ドーパントに用いられる発光素子用化合物が異なる点を除き同様の構成を有する。

## 【0163】

比較例2の発光ドーパントには、下記式(4)で表されるイリジウム(Ir)トリス(2-フェニルピリジナト)-N, C<sup>2</sup>(以下Ir(ppy)<sub>3</sub>と略記する)を用いた。

## 【0164】

## 【化 3 7】



## 【0165】

作製された有機EL素子のホール注入電極2を正に、電子注入電極8を負にバ

イアスして、駆動電圧を印加し、発光特性の測定を行った。

#### 【0166】

この結果、発光極大波長が515 nmの橙色発光を得ることができた。発光スペクトルの半値幅は60 nmであった。

#### 【0167】

[評価]

実施例1、比較例1および比較例2における有機EL素子の発光特性の測定結果から、実施例1と比較例1とを比較し、実施例1と比較例2とを比較した。下記表1に実施例1、比較例1および比較例2の発光極大波長および半値幅を示す。

#### 【0168】

【表1】

| 有機EL素子      | 発光ドーパント                    | 発光極大波長<br>(nm) | 半値幅<br>(nm) |
|-------------|----------------------------|----------------|-------------|
| 実施例1の有機EL素子 | 化合物KA4                     | 594            | 76          |
| 比較例1の有機EL素子 | (bt) <sub>2</sub> Ir(acac) | 558            | 100         |
| 比較例2の有機EL素子 | Ir(ppy) <sub>3</sub>       | 515            | 60          |

#### 【0169】

図7は、実施例1および比較例1により得られた発光特性を示すグラフである。縦軸に発光強度が示され、横軸に発光波長が示されている。実線J1に実施例1の有機EL素子の発光特性が示され、破線J2に比較例1の有機EL素子の発光特性が示されている。

#### 【0170】

表1および図7によれば、実施例1の発光極大波長は、比較例1および比較例2の発光極大波長に比べてより長波長側に位置している。このように発光極大波長が長波長側へ移動すると、純度のよい橙色の発光色を得ることができる。

#### 【0171】

また、実施例1の半値幅は、比較例1に比べてより小さく、小さい半値幅を有する比較例2と比較してほぼ同等である。このように、発光スペクトルの半値幅が小さい場合、可視光域での十分な発光が行われる。

**【0 1 7 2】**

その結果、ホウ素含有置換基の導入された発光ドーパントを用いた有機 E L 素子によれば、優れた色純度を得ることができるとともに、優れた発光効率が得られることが明らかとなった。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

第 1 の実施の形態に係る有機 E L 素子の一例を示す模式的断面図である。

**【図 2】**

第 1 の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。

**【図 3】**

第 2 の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。

**【図 4】**

第 3 の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。

**【図 5】**

第 4 の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。

**【図 6】**

第 5 の実施の形態に係る発光素子用化合物の生成手順の一例を示す模式図である。

**【図 7】**

実施例 1 および比較例 1 により得られた発光特性を示すグラフである。

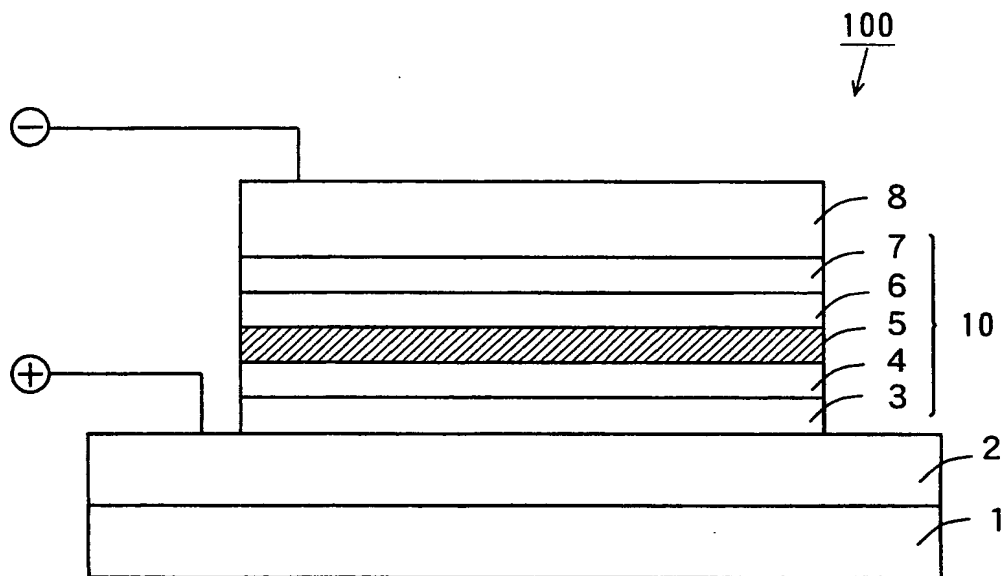
**【符号の説明】**

- 1 基板
- 2 ホール注入電極
- 3 ホール注入層
- 4 ホール輸送層

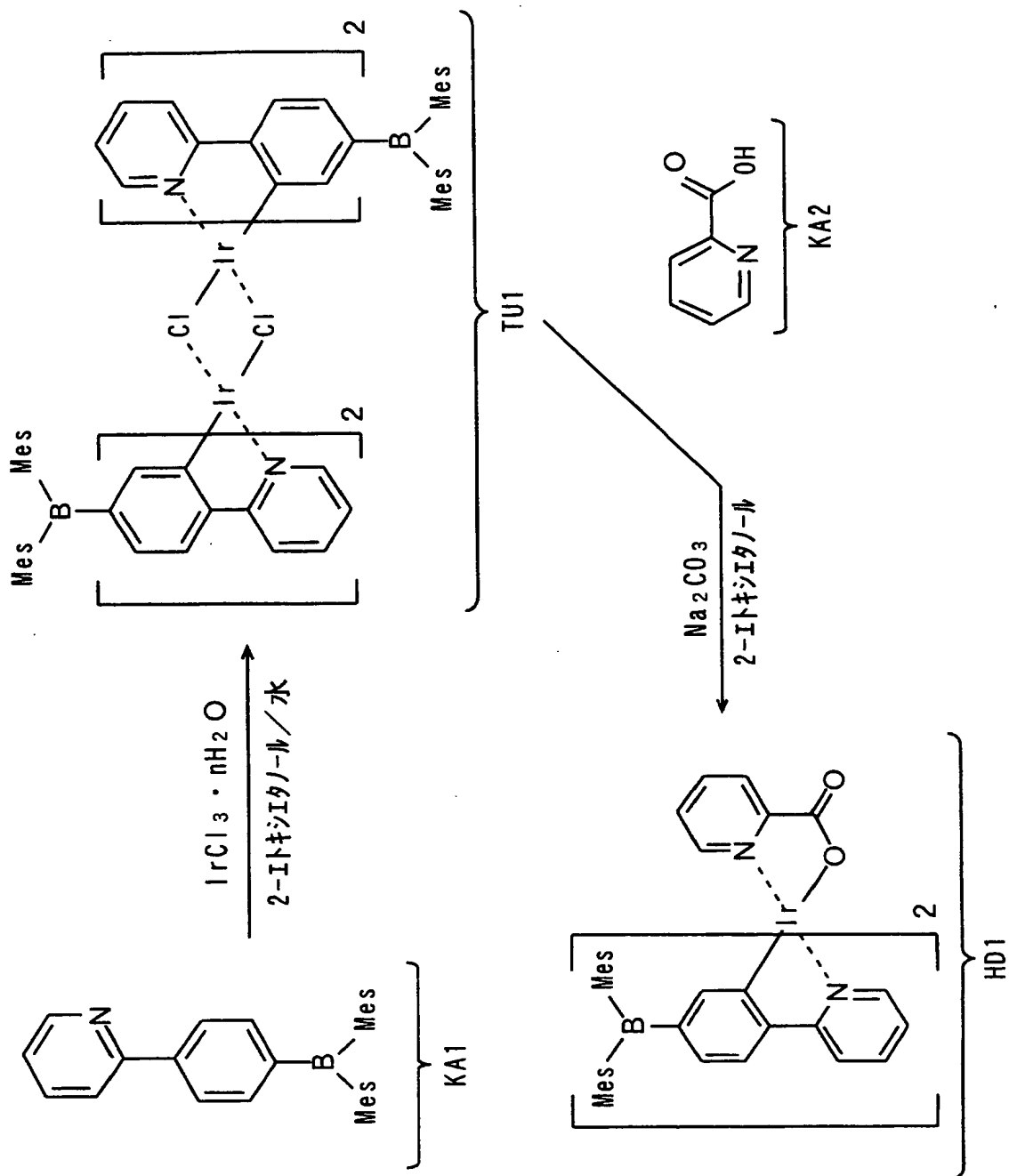
- 5 発光層
- 6 ホール阻止層
- 7 電子注入層
- 8 電子注入電極
- 1 0 有機化合物層
- 1 0 0 有機 E L 素子

【書類名】 図面

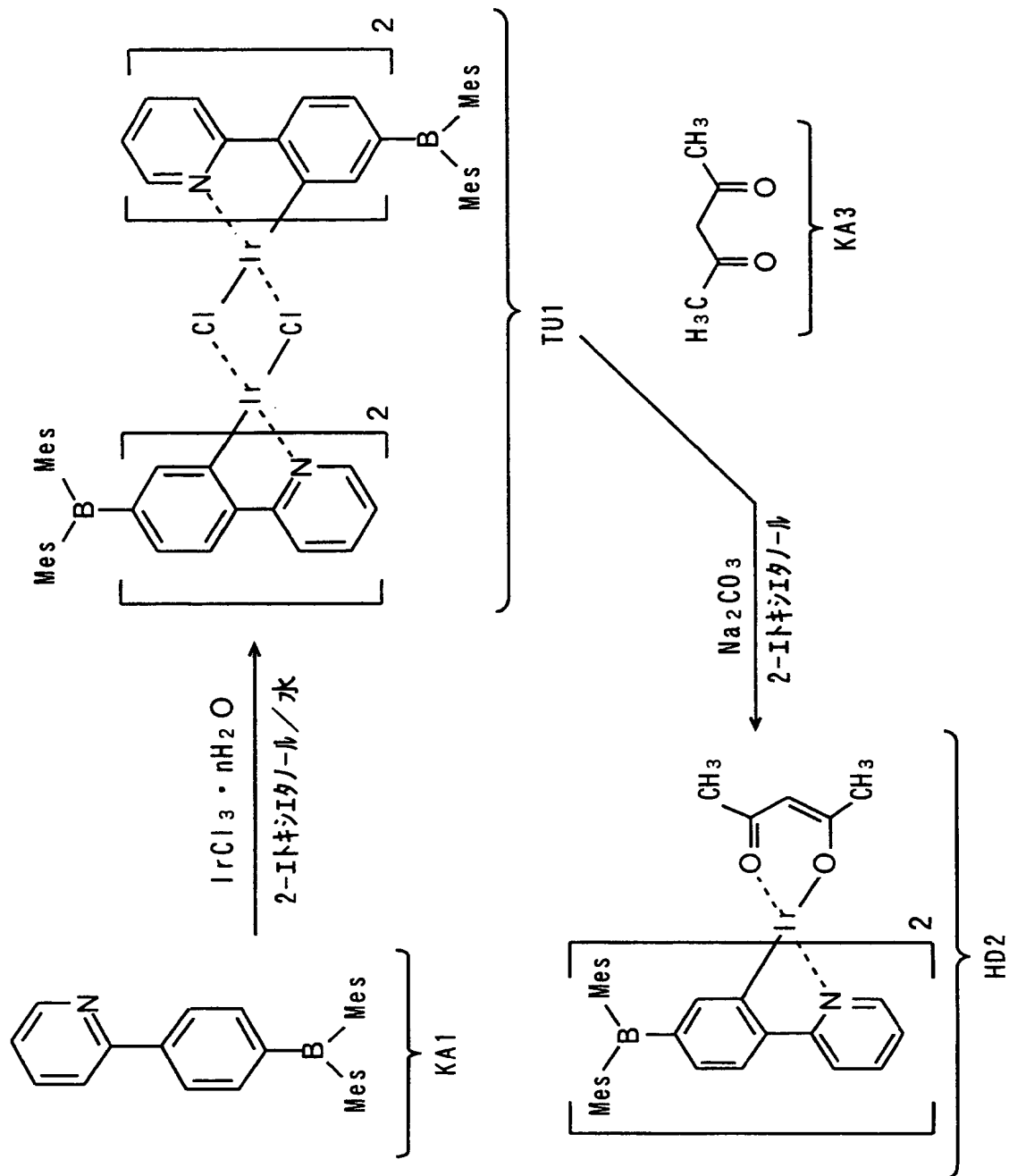
【図 1】



【図 2】

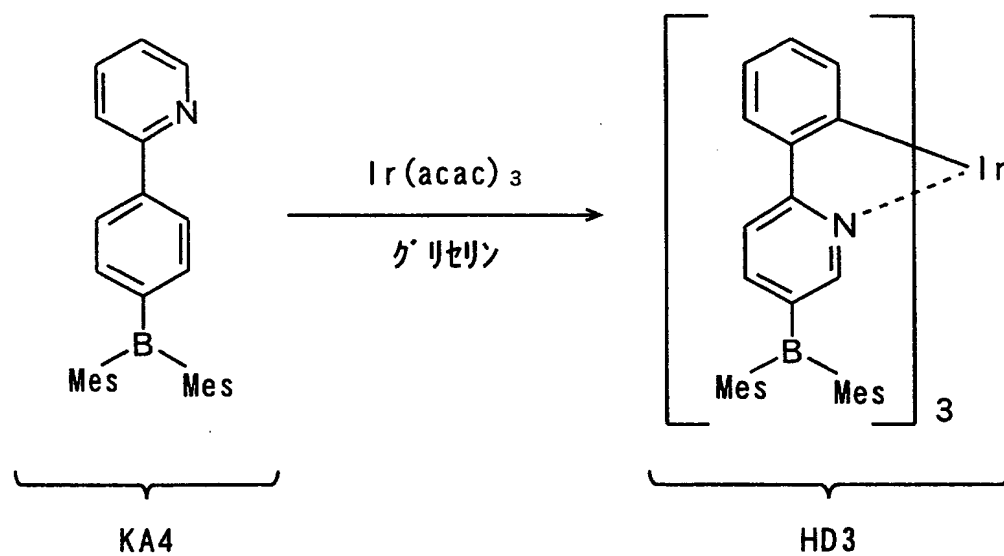


【図 3】

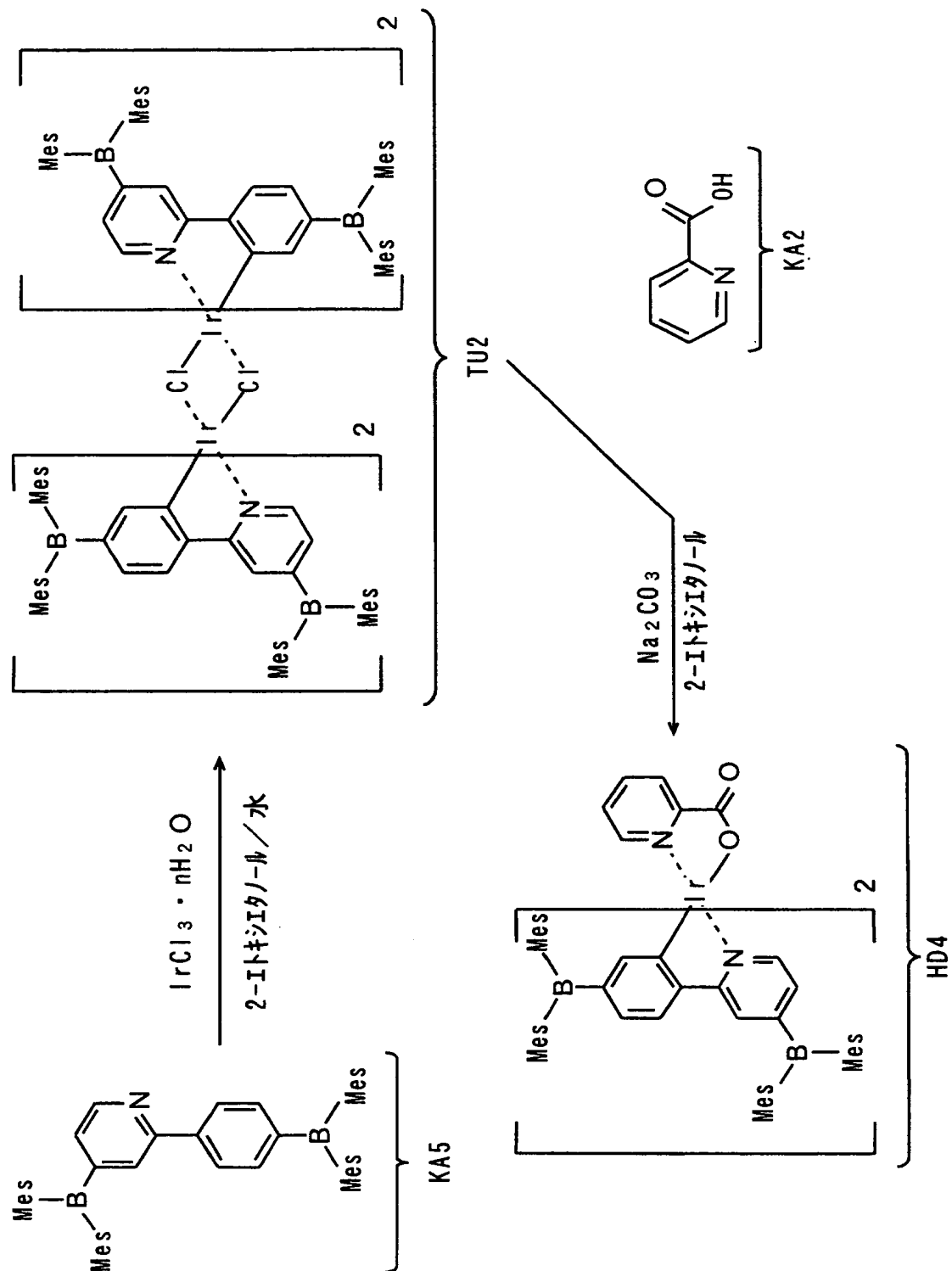




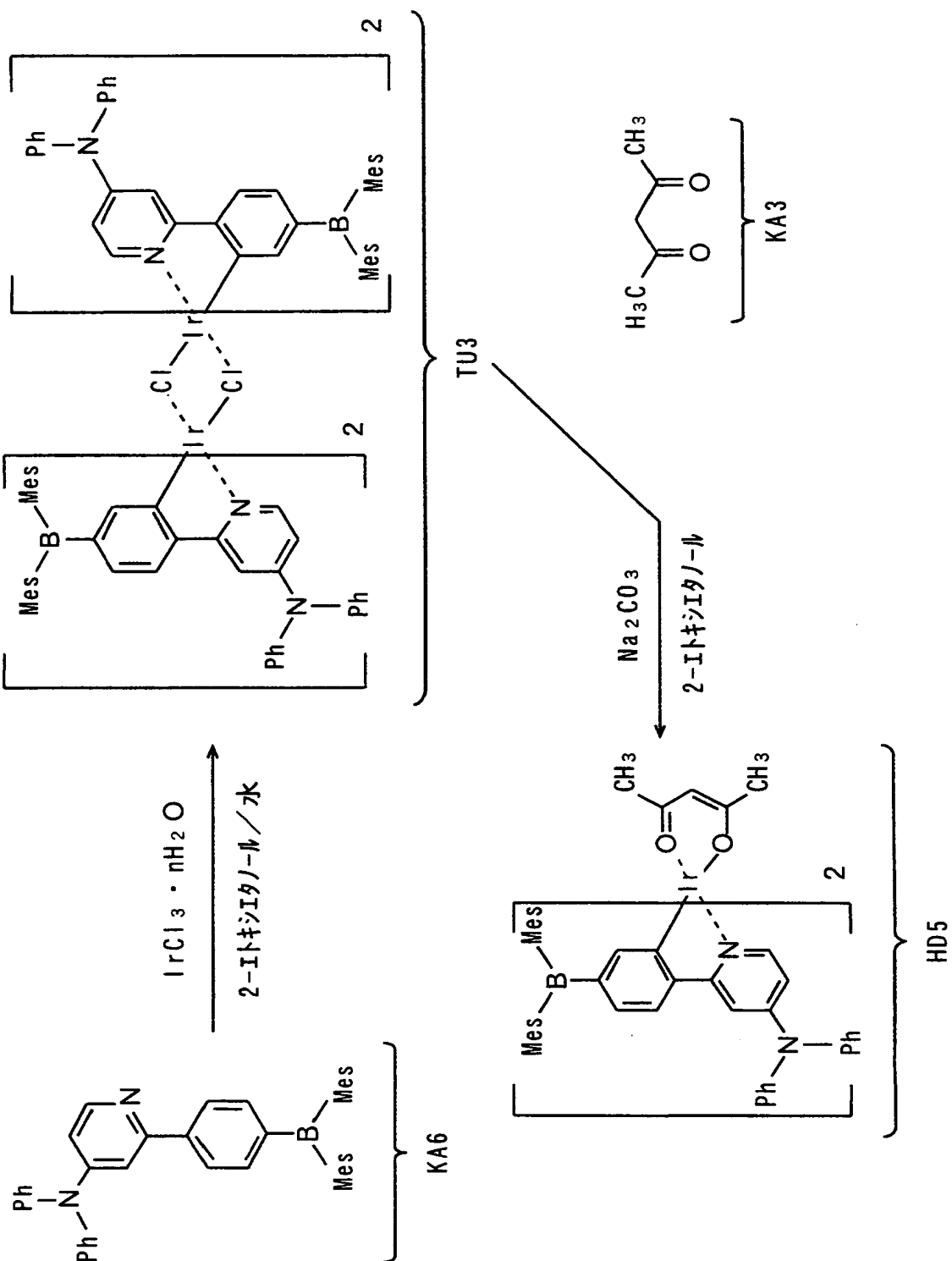
【図 4】



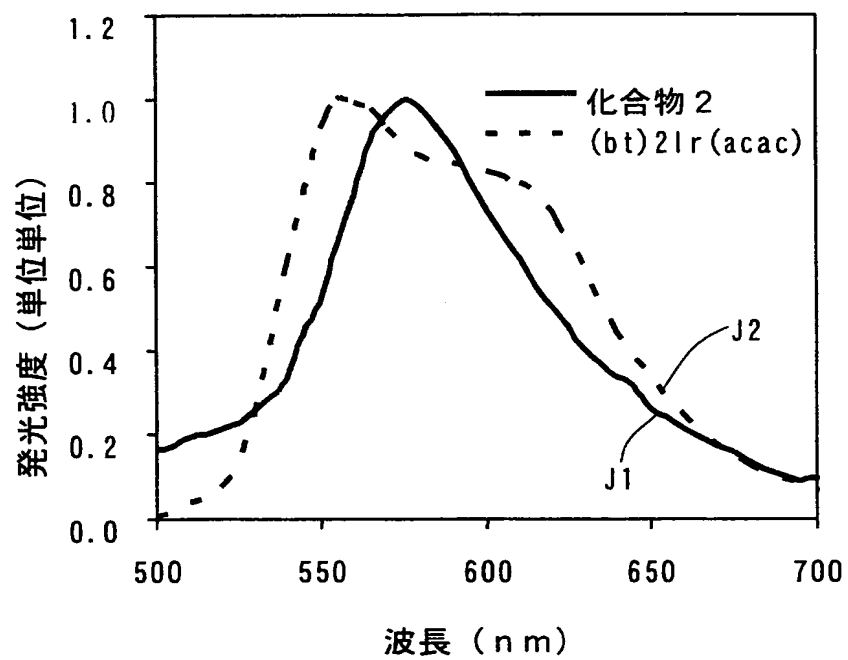
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 優れた色純度を得ることができるとともに、優れた発光効率を有する発光素子用化合物およびそれを用いた有機発光素子を提供する。

【解決手段】 本発明に係る有機EL素子100は、基板1上にホール注入電極2（陽極）、ホール注入層3、ホール輸送層4、発光層5、ホール阻止層6、電子注入層7および電子注入電極8（陰極）が順に積層された積層構造を有する。からなる。発光層5は、ホスト材料および発光ドーパントからなる。発光ドーパントには有機材料である発光素子用化合物が用いられる。発光素子用化合物は、ホウ素含有置換基を有する配位子が用いられた金属錯体である。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 9 7 3 0 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 8 8 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日

[変更理由]

住所変更

住 所

大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号

氏 名

三洋電機株式会社